

Treball de Fi de Màster

Màster Universitari en Supply Chain, Transport i Mobilitat

Estudi conceptual de la interfície entre capçalera de magatzem de distribució i sistema de transport extern

MEMÒRIA

Autor: Xavier Llaó Soler
Director: Francesc Xavier Gavalda Aran
Convocatòria: Juny 2018



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

La càrrega i descàrrega de mercaderia resulta ser un procés imprescindible de la cadena d'aprovisionament, havent-se de repetir en múltiples ocasions depenent del cas.

Amb aquest projecte es pretén replantejar aquest procés de carrega i descàrrega per fer un salt de qualitat a nivell operacional i temporal.

Per fer-ho es plantegen dues alternatives de càrrega i descàrrega automatitzada, sent aquestes a través dels laterals dels semiremolcs i no per la part posterior com és habitual. La primera d'elles consisteix en fer la càrrega i descàrrega de manera simultània, quedant el semiremolc en un carril intermedi a la capçalera d'entrades per una banda i la de sortides per l'altra. En aquesta opció s'haurà d'incorporar maquinària que treballi en alçada i permeti transportar la mercaderia fins a la capçalera oposada a la sitja del magatzem salvant per aire l'impediment que genera el carril de circulació de camions. La segona alternativa consisteix en interactuar amb el semiremolc per un sol lateral del mateix, quedant en etapes separades la descàrrega i la càrrega.

Per fer factible aquest plantejament, s'analitza quins equipaments existeixen i es poden trobar al mercat que puguin adaptar-se al nou plantejament. S'avaluaran les opcions de càrrega i descàrrega automatitzada, així com la de transport de contenidors en alçada necessari en la primera alternativa. Un cop fet aquest anàlisi, es seleccionen els equipaments que millor adaptin les seves funcionalitats i s'extrapolen les seves capacitats de treball en la seva aplicació a un magatzem interior, limitant les velocitats i acceleracions en cas que fos necessari.

Amb la configuració d'equipament feta, es pot procedir al disseny de les operacions necessàries per dur a terme l'activitat en cada alternativa i s'avaluen els temps d'operació a partir de les capacitats trobades anteriorment.

Un cop el disseny de les alternatives està finalitzat es procedeix a fer una comparativa entre elles i trobar els punts forts i dèbils de cada una. També s'analitzen les possibilitats de millora que ofereix cada una, així com les seves principals amenaces que posen en dubte la seva implantació.

Finalment es fa una consideració sobre les altres possibles aplicacions en altres àmbits aprofitant el mateix plantejament.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	3
1. PREFACI	5
2. INTRODUCCIÓ	7
2.1. Objectius del projecte	8
2.2. Abast del projecte	8
3. PLANTEJAMENT CONCEPTUAL INICIAL	9
4. ESTAT DE L'ART	13
4.1. Situació actual	14
4.2. Magatzems	15
4.2.1. Definició i funcions	15
4.2.2. Zones d'un magatzem	15
4.2.3. Tipus de magatzems	18
4.3. Sistemes de càrrega i descàrrega automàtica de camions i contenidors	20
4.3.1. Càrrega i descàrrega de camions	20
4.3.2. Càrrega i descàrrega de contenidors marítims	26
4.4. Sistemes de transport de contenidors en zones portuàries	27
5. SISTEMES DE MANUTENCIÓ	31
5.1. Sistemes de manteniment de capçaleres	31
5.2. Sistemes de transport i col·locació en capçalera	32
5.3. Sistema de càrrega i descàrrega automatitzat de semiremolcs	37
5.4. Sistema de guia motoritzada pel remolcat de camions	39
6. UNITATS DE MOVIMENTACIÓ	41
6.1. Característiques a satisfer	44
6.2. Croquis funcional	49
7. ESTUDI D'ALTERNATIVES	51
7.1. Alternativa 1: Càrrega i descàrrega simultània per ambdós laterals del semiremolc	51
7.1.1. Disposició física i d'equipament del sistema de capçaleres – Alternativa 1	51
7.1.2. Desenvolupament del sistema de càrrega i descàrrega – Alternativa 1	53
7.1.3. Gestió del sistema de càrrega i descàrrega – Alternativa 1	55

7.1.3.1. Desglossament i descripció de processos	55
7.1.3.2. Estudi de temps d'operació	59
7.1.3.3. Oportunitats i amenaces	65
7.2. Alternativa 2: Càrrega i descàrrega no simultània per un sol lateral del semiremolc.....	66
7.2.1. Disposició física i d'equipament del sistema de capçaleres – Alternativa 2	66
7.2.2. Desenvolupament del sistema de càrrega i descàrrega – Alternativa 2.....	69
7.2.3. Gestió del sistema de càrrega i descàrrega – Alternativa 2	71
7.2.3.1. Desglossament i descripció de processos	71
7.2.3.2. Estudi de temps d'operació	75
7.2.3.3. Oportunitats i amenaces	77
7.3. Comparació entre alternatives	78
7.3.1. Disposició física i d'equips	78
7.3.2. Desenvolupament del sistema de càrrega i descàrrega	79
7.3.3. Gestió del sistema de càrrega i descàrrega	80
8. ALTRES POSSIBLES APLICACIONS	85
8.1. Aplicació als <i>megatrucks</i>	85
8.2. Aplicació al transport ferroviari.....	87
9. IMPACTE AMBIENTAL	89
10. PLANEJAMENT TEMPORAL	91
11. PRESSUPOST DEL PROJECTE	93
CONCLUSIONS	97
AGRAÏMENTS	99
BIBLIOGRAFIA.....	100

1. Prefaci

Aquest projecte neix a partir d'una idea treballada juntament amb el professor Xavier Gavalrà. Gràcies a la seva experiència i les meves inquietuds es va saber trobar un punt en comú per plantejar un treball d'aquestes característiques.

Des de la meva experiència laboral en magatzems tenia la inquietud que alguna alternativa es podia trobar per fer més eficients els sistemes de càrrega i descàrrega de camions, ja que en l'empresa on treballava es tractava d'un punt crític del procés logístic i una font de problemes constant, sobretot per la seva necessitat de recursos de personal i temps, que eren necessaris en altres processos.

A partir d'aquí la inquietud va créixer encara més després de cursar l'assignatura d'Emmagatzematge i Manutenció amb el professor esmentat. Amb els nous coneixements adquirits i algunes solucions que se'ns van presentar a classe encara era més clar que hi havia marge de millora.

En arribar al moment de decidir el projecte a realitzar i fer una breu reunió de treball sobre aquestes inquietuds, aviat es va arribar al plantejament d'aquest treball, amb una enfocament clarament conceptual i que pretén aportar idees noves i fresques.

2. Introducció

El projecte consisteix en fer un estudi de la interacció entre capçalera de magatzem de distribució i el sistema de transport extern, introduint la càrrega automatitzada lateral com a sistema únic de càrrega i descàrrega.

Per tal de poder acotar un tema que acabaria sent infinit en totes les seves possibles aplicacions, es treballa en la situació d'un gran magatzem de distribució que treballi únicament amb europaletes, on la variabilitat d'aquestes és baixa ja que acostumen a contenir un sol producte. Aquesta situació es dona, per exemple, en empreses de components d'automoció, grans empreses d'alimentació (cas dels productes A i A+¹), grans superfícies comercials...

Pel que fa als sistemes de transport, es treballa tot el projecte enfocant-lo en el camió, ja que és el transport que acostuma a arribar al propi magatzem, exceptuant alguns casos aïllats on el ferrocarril també ho fa. Dintre del món del camió, es treballa principalment en el cas del semiremolc més utilitzat actualment, que és el més gran possible, de 13,73 metres de longitud, que compleix la limitació de longitud màxima del conjunt camió més semiremolc de 16,50 metres. Tot i així, des de fa relativament poc també estan permesos uns altres camions amb més longitud màxima i més capacitat de càrrega, els anomenats *megatrucks*, dels quals també se'n fa una valoració.

Per tal de poder avaluar adequadament aquest concepte de càrrega i descàrrega lateral automatitzada es plantegen dues grans alternatives a partir de les quals en poden sorgir de derivades. Una d'elles és la interacció per un sol lateral del semiremolc, completant primerament la descàrrega i posteriorment la càrrega; i l'altre és la interacció pels dos laterals, podent realitzar de forma simultània la descàrrega per un lateral mentre és fa la càrrega per l'altre.

¹ Els productes A són aquells que conformen els 20% de productes i suposen un 80% de la rotació d'un magatzem, segons l'anàlisi ABC a partir del principi de Pareto. Els A+ són aquella part dintre del A que presenten una rotació encara més elevada que la mitja d'aquest grup (com podria ser el cas d'alguns refrescs).

2.1. Objectius del projecte

El primer dels objectius és el plantejament d'una o diverses alternatives a la càrrega i descàrrega convencional, prenent la càrrega i descàrrega lateral automatitzada com a única possibilitat d'interacció.

Un cop plantejades les alternatives, es fa un disseny operacional i es valorarà la factibilitat operacional. Addicionalment s'avaluen les avantatges i desavantatges d'aquestes sobre el sistema convencional.

2.2. Abast del projecte

Cal destacar que aquest projecte es basa en el plantejament i la factibilitat operacional del sistema o sistemes que es plantejaran al llarg de la memòria. En cap cas es pretén fer un projecte on es faci el disseny mecànic dels equipaments necessaris o s'estudiï la viabilitat econòmica de la seva implementació. Malgrat això, es procura treballar amb sistemes mecànics ja existents, del quals tan sols se n'hauria de fer una adaptació, per assegurar-ne la viabilitat tècnica.

3. Plantejament conceptual inicial

Per tal de poder veure la situació inicial i tots els recursos actuals que s'adaptaran per poder dur a terme el projecte, es creu necessari primerament fer una explicació amb detalls del que es projecta en quan a necessitats d'instal·lacions i de maquinària.

Tal com s'ha avançat anteriorment, es vol innovar fent que la càrrega i descàrrega sigui sempre de forma lateral al semiremolc. Degut a aquest canvi, canvia radicalment la manera com interactuen la capçalera amb el sistema de transport, passant de posicionar el transport en posició transversal a la paret que delimita la capçalera del magatzem a posicionar-lo longitudinalment.

Dintre d'aquesta posició longitudinal, s'han d'estudiar les dues grans alternatives. Com a primera, que la interacció capçalera – transport sigui a través dels dos laterals del camió, sent un el destinat a entrades i l'altre a sortides, podent completar les tasques de càrrega i descàrrega simultàniament i podent operar en més d'un camió alhora separant les capçaleres en diverses platges (tantes com camions alhora es vulgui operar).

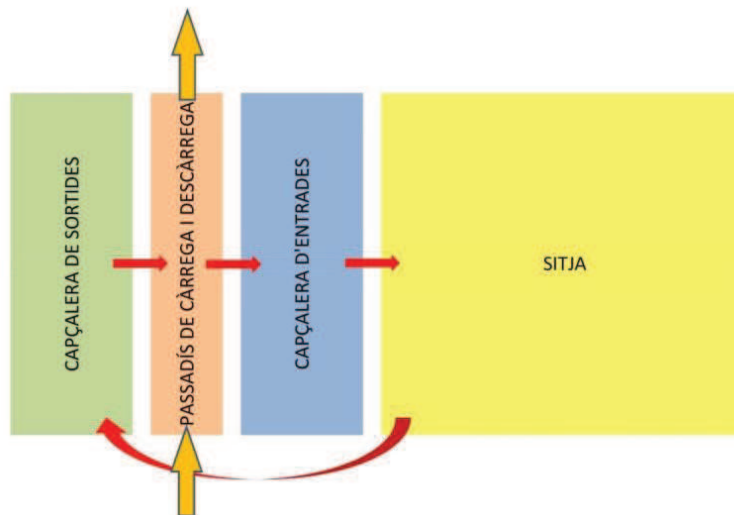


Figura 1. Alternativa amb càrrega i descàrrega lateral simultània. Interacció per ambdós laterals del semiremolc. Font pròpia

La segona alternativa consisteix en interactuar només per un lateral, passant per una primera etapa on s'interactua amb les entrades (descàrrega de mercaderia) i posteriorment amb sortides (càrrega de mercaderia). De nou, es podria interactuar amb diversos camions alhora,

pel que també es podrien dividir les capçaleres en diverses parts iguals, comunament denominades platges. Per tal de facilitar l'entesa es farà servir aquest terme al llarg de tot el projecte.

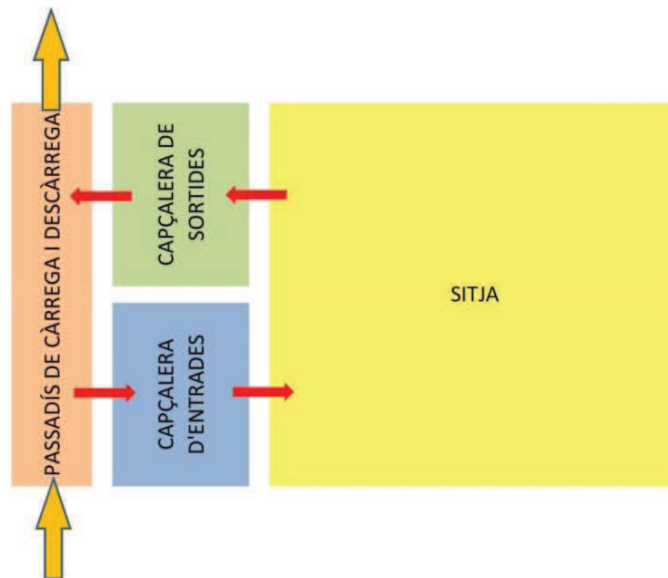


Figura 2. Alternativa amb descàrrega en primera fase i càrrega en segona. Interacció per un sol lateral del semiremolc. Font pròpia

Al tractar-se d'un procés automatitzat, és necessari que camió i semiremolc estiguin en la posició exacte per tal de poder efectuar les accions de càrrega i descàrrega. Per tal de poder aconseguir-ho s'ha pensat en un sistema senzill i molt utilitzat com és el que s'instal·la als túnels de rentat de cotxes. En ells, hi ha un centrador que guia la roda fins a un carril, on aquesta queda encaixada. A partir d'aquí, el carril actua com a cinta transportadora, avançant solidàriament vehicle i carril.



Figura 3. Exemple il·lustratiu del carril de centrat i avanç dels túnels de rentat. Font: Startube

D'aquesta manera s'aconsegueix regular la velocitat d'avanç del camió quan està en contacte amb el magatzem, així com les parades necessàries.

Per altra banda, s'analitzaran els sistemes actuals de càrrega i descàrrega automatitzada de camions i contenidors per tal de valorar la seva adaptació a un sistema d'interacció lateral.

Un altre repte que es planteja és el fet de transportar la càrrega fins a la capçalera de sortides en el cas d'interacció pels dos laterals del semiremolc. En aquest cas s'haurà de salvar en alçada l'impediment que genera el passadís d'avanç del camió. Per tal de poder-ho aconseguir es recorrerà a l'adaptació de maquinària portuària, ja que el moviment que s'haurà de descriure a l'interior del magatzem és molt assimilable al que s'ha de fer als ports alhora de moure els contenidors.

I finalment, per tal de poder fer que tot aquest procés sigui àgil, s'ha pensat en treballar amb un sistema de paleta esclava, creant una nova unitat de movimentació massiva, que aglutini diverses paletes conjuntament. Inicialment es planteja que aquestes unitats de movimentació haurien de permetre la càrrega o descàrrega completa d'un semiremolc en no més de quatre unitats. Això suposaria que el nombre de moviments de preparació d'una càrrega seria reduït, sense haver de tractar cada paleta de forma individual, optimitzant així el nombre d'operacions necessàries per completar el cicle de càrrega i descàrrega de cada unitat de transport.

4. Estat de l'art

Per tal de poder desenvolupar el projecte adequadament, és necessari saber el punt de partida i tindre una primera visió del que es vol aconseguir per tal d'analitzar els recursos que es necessiten i veure les possibilitats del mercat.

L'objectiu que es planteja, com s'ha explicat més detalladament en l'apartat anterior, és aconseguir un nou sistema d'interacció entre capçaleres d'entrades i sortides i transport, aconseguint estalvi de temps i fent d'aquest procés una tasca molt més dinàmica que la càrrega i descàrrega manual.

Per tant, es pensa en un sistema de càrrega i descàrrega automatitzada del transport (ja sigui camió, tren, etc.) de forma massiva, és a dir, entrant el material en grans blocs i no paleta a paleta. És per això que un punt a analitzar serà veure quines opcions es tenen per fer aquest tipus de càrregues i descàrregues. Aquests grans blocs es plantegen com una unitat de movimentació que permeti fer la càrrega completa d'un semiremolc de camió en no més de quatre d'aquestes unitats. En conseqüència, un altre punt a valorar serà el de trobar algun tipus de suport que formi aquestes unitats massives i veure en quines dimensions s'hauria de treballar per tal de poder treballar de manera versàtil amb diferents tipus de remolcs i semiremolcs².

Aquest sistema massiu ens porta a un segon requeriment, que és aconseguir moure de forma fluida pel magatzem aquests blocs. Al tractar-se de blocs que poden assolir pes considerable i de generoses dimensions, s'ha pensat en el sistema de manutenció portuaris com a punt de partida. És per això que s'estudiarà quins tipus de grues s'usen en els ports i quines d'elles podrien tindre bona rebuda en un entorn de magatzem interior.

Finalment, no es pot deixar de banda que tot aquest plantejament tindrà com a punt de partida un magatzem, per tant, també es farà una posada en situació de quines funcions han de complir els magatzems i quines característiques els conformen.

² La diferència entre remolc i semiremolc és que tot i ser els dos vehicles sense motor, en el cas dels remolcs van enganxats i arrastrats per un camió rígid, mentre que els semiremolcs van acoblats a la unitat tractora reposant una part del pes sobre seu.



4.1. Situació actual

A dia d'avui, la interacció més habitual entre magatzems de distribució i el sistema de transport extern encarregat de transportar la mercaderia és el tradicional de molls on estacionen marxa endarrere els camions. Amb aquest sistema, les interaccions de càrrega i descàrrega amb els semiremolcs o contenidors és a través de la seva part posterior, efectuant els moviments de càrrega i descàrrega en el seu sentit longitudinal.



Figura 4. Conjunts de molls de càrrega i descàrrega en disposició tradicional. Font: DirectIndustry

Dintre d'aquest sistema, hi ha diferents alternatives per adaptar al màxim aquesta interacció amb l'activitat que desenvolupa cada empresa. Alguns opten per disposar molts molls i molt junts (com és el cas de la imatge anterior), d'altres els posen més separats i alguna fins i tot els poden creant un angle diferent al perpendicular entre porta del moll i magatzem, quedant els semiremolcs i/o contenidors en biaix.

Pel que fa a la interacció entre la capçalera del magatzem i el sistema de transport extern, com s'ha dit, és a través de la part posterior. En aquest sentit hi ha diverses alternatives alhora de fer la càrrega o descàrrega de la mercaderia. Com es veurà més endavant de forma desglossada, al mercat hi ha diverses alternatives alhora de fer aquesta càrrega i descàrrega de forma automatitzada, amb necessitat d'adaptació del semiremolc i sense. Per altra banda, hi ha el mètode manual, utilitzant les diferents maquinàries de manutenció del magatzem preparades per aquesta activitat: transpaletes elèctriques de pala simple o doble³ o carretons elèctrics aptes per introduir-se al semiremolc o contenidor.



³ La referència a pala simple o pala doble significa la capacitat de transportar una sola paleta europea o dues respectivament.



4.2. Magatzems

4.2.1. Definició i funcions

Resulta ser el punt de partida respecte el que girarà tot el projecte, pel que és necessari dedicar un espai a deixar clares les característiques i funcions que ha de tindre i complir un magatzem. Només així serà possible verificar que tot el procés d'estudi conceptual que vindrà va complint tots els requisits prefixats.

Primerament cal tindre clara la definició bàsica de magatzem per posteriorment anar desgranant de forma més precisa.

Un magatzem és un espai físic on es **reben**, s'**emmagatzemen**, es **poden modificar** i s'**expedeixen** productes [1].

De magatzems se'n poden trobar de molts tipus, des de descampats on les automobilístiques aparquen els cotxes produïts fins a petites naus, passant per magatzems convencionals com poden ser la majoria dels polígons industrials.

Al final, cada magatzem serà únic (o gairebé) i s'haurà d'adaptar de la manera més precisa al material amb el que treballa.

4.2.2. Zones d'un magatzem

D'un magatzem és important diferenciar-ne les zones principals, presents majoritàriament a tots els magatzems, per veure el seu paper en el procés logístic.

Existeixen tres zones principals, les quals no tenen perquè tindre separacions físiques (parets de separació), però sempre s'hi duren a terme processos diferents. Són les següents:

- Capçalera d'entrades: tal com indica el nom és la zona habilitada per tal que s'efectuïn les entrades de material, per tal, és on es dona la **recepció**. Aquesta zona està formada per un conjunt de sistemes d'entrada de material, com poden ser els molls pels semiremolcs.

És aquí on s'han de fer les comprovacions pertinents (segons protocols d'empresa) per verificar que el material que s'està recepcionant és el que hauria de ser. Un cop fetes aquestes comprovacions, el material pot passar el següent procés logístic, ja sigui en forma d'emmagatzematge directament o amb alguna manipulació.



Figura 5. Vista interior d'un moll d'entrades / sortides. Font: Entrematic



Figura 6. Vista exterior d'un moll d'entrades / sortides. Font: Mormeneo

- Sitja: es tracta d'una zona amb doble funció d'**emmagatzematge** i de **preparació de comandes**, d'ara endavant *picking*. En aquest espai s'hi troben els sistemes d'emmagatzematge, generalment estanteries, i depenent de si es tracta d'un magatzem automàtic o no serà un espai només habilitat per la feina de la maquinària o per un ús compartit d'operaris i màquines.

Es tracta d'una zona on és habitual fer la preparació de comandes, ja que fent una distribució de passadissos intel·ligent s'aconsegueix fer recorreguts pels diferents productes emmagatzemats de forma eficaç.

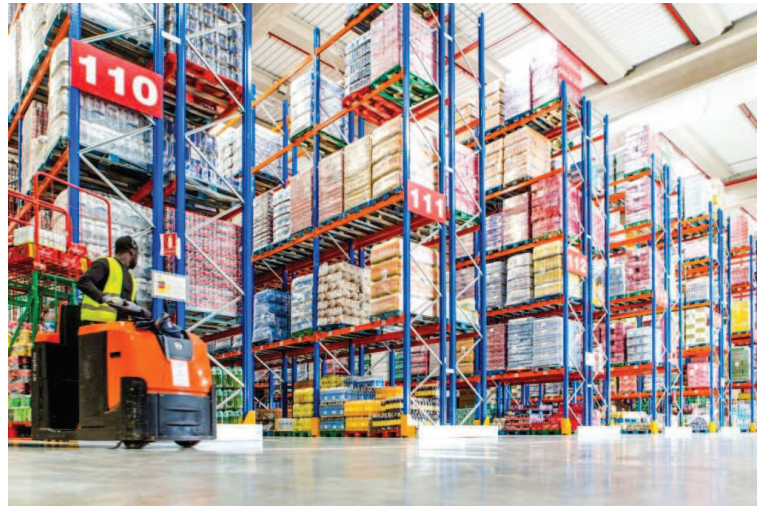


Figura 7. Zona d'emmagatzematge i Picking. Font: Mecalux

- Capçalera de sortides: seguint la mateixa lògica que en la capçalera d'entrades, és una zona habilitada de forma idèntica però que es destina a l'**expedició** enlloc de la recepció.

Al tractar-se de zones que són físicament idèntiques pot haver un espai que sigui d'ús comú per les entrades i per les sortides. Un exemple clar es pot trobar en els casos on totes les recepcions són de matí i totes les expedicions de tardes, ja que si les exigències horàries i de temps de moviments de material ho permeten, un mateix moll pot tindre ús d'entrades en matí i ús de sortides a la tarda.

Més enllà d'aquestes tres zones principals se'n poden trobar de moltes altres depenent de l'activitat que es desenvolupa a cada magatzem. Algunes d'aquestes zones són les següents:

- Zona de envasat / paletització: depenent de quin és l'estat del material en l'arribada pot ser que aquest s'hagi d'envasar, reenvasar, paletitzar o repaletitzar. La situació òptima és que sigui un espai proper a la capçalera d'entrades o en la pròpia capçalera, a la zona de platja.
- Zona de quarantena: algunes normatives de certs productes requereixen que el producte rebut es disposi en una zona a part abans de poder ser emmagatzemat com a tal. Generalment és degut a que s'han de fer proves i control diversos, per això no es pot manipular el producte fins que tot estigui en regla.
- Zona de consolidació: es tracta d'una zona destinada a poder treballar sobre tots els productes d'una mateixa comanda. Generalment serveix per tasques de reagrupament de productes d'un mateix client per tal de guanyar compacitat i optimitzar espai en el transport.

4.2.3. Tipus de magatzems

De magatzems, com s'ha dit, n'hi ha de molts tipus. Es creu necessari fer una petita classificació segons diversos aspectes [2]:

- Segons les existències que emmagatzemen:
 - Productes acabats
 - Matèria primera
 - Productes semi-acabats
 - Productes auxiliars, com poden ser eines i recanvis
 - Materials de desaprofitament
 - Materials obsolets
 - Devolucions
- Segons la relació amb el flux de producció:
 - Matèries primeres
 - Productes intermedis
 - Productes acabats
 - Material auxiliar
 - Preparació de comandes i distribució
- Segons la seva ubicació:
 - Magatzems interiors
 - Magatzems a l'aire lliure
- Segons el material que s'emmagatzema:
 - Magatzem d'embalums (caixes i paletes)
 - Magatzem de granel
 - Magatzem de líquids
 - Magatzem de gasos
- Segons la localització a la cadena d'aprovisionament:
 - Magatzems centrals, situats en punts estratègics per abaratir costos a la cadena d'aprovisionament.
 - Magatzems regionals, que representen la següent escala dels magatzems centrals i prioritzen trobar-se propers als punts de venda final.

- Segons la funció logística:
 - Centres de consolidació, on s'agrupen productes que venen per separat en una sola unitat d'enviament.
 - Centres de ruptura, on es realitza el procés contrari als de consolidació.
 - Centres de trànsit, també coneguts com a *Cross-dock*, on no s'emmagatzema com a tal, sinó que es reben productes per reenviar-los ràpidament.
 - Magatzems crítics o estacionals, que fan la funció de pulmó o *buffer* davant de variacions a l'alça de la demanda.
 - Magatzems de custòdia a llarg termini, que la seva única funció és emmagatzemar productes durant molt temps, malgrat els costos que en puguin derivar. Un clar exemple són les bodegues de vi o cava.
- Segons la seva explotació:
 - Manuals, on són les persones les que dirigeixen la maquinària que hi treballa.
 - Automàtics, mitjançant maquinària que es mou de forma automàtica, sense cap persona al control de la mateixa.
- Segons el flux dels productes:
 - En forma de U, si la zona de descàrrega i càrrega es troben a la mateixa banda del magatzem.

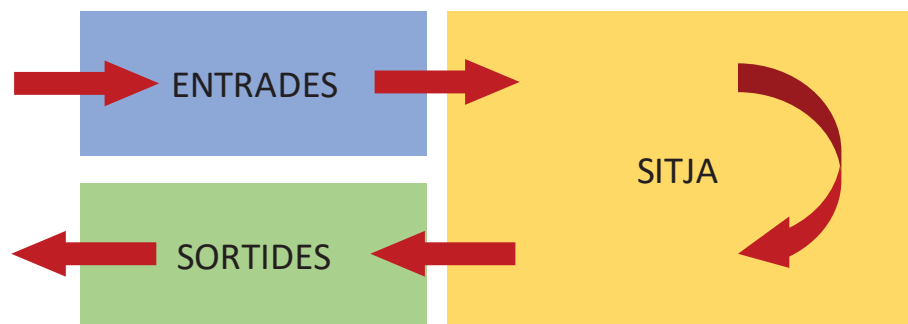


Figura 8. Esquema de flux de material en magatzem en U. Font pròpia

- Laminars, si les zones d'entrada i sortida de productes es veuen separades per la sitja entremig.

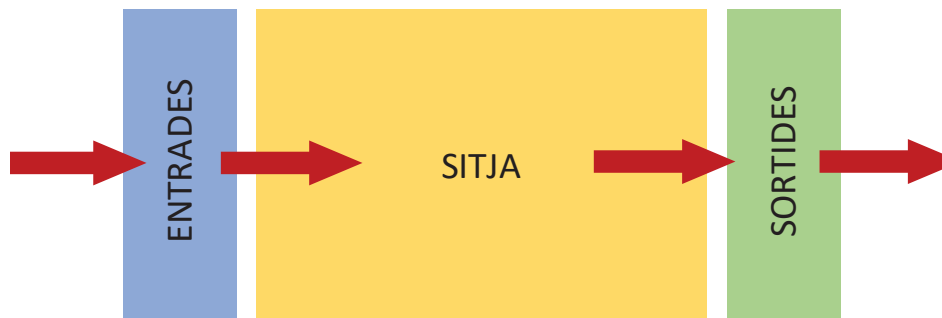


Figura 9. Esquema de flux de material en magatzem laminar. Font pròpia

Més enllà de totes aquestes classificacions generals, dintre de cada sector hi ha sub-classificacions pròpies de l'activitat que s'hi desenvolupa, com poden ser els magatzems de secs i els de congelats en el sector alimentació.

El magatzem que es plantejarà en aquest projecte haurà de respondre a les següents característiques segons classificació: interior, d'embalums, central, automàtic o parcialment automàtic, amb flux en forma d'U i amb funció principal de *cross-dock*.

4.3. Sistemes de càrrega i descàrrega automàtica de camions i contenidors

En aquest apartat es tracten quines solucions es plantegen actualment per tal de poder efectuar tant la càrrega com la descàrrega de camions i contenidors de forma automatitzada [3], amb l'estalvi de temps que això provoca.

Donades les diferents formes i dimensions dels remolcs i semiremolcs dels camions i dels contenidors marítims, es tractaran per separat.

4.3.1. Càrrega i descàrrega de camions

Es poden trobar múltiples opcions a l'hora d'automatitzar aquesta opció, la majoria de les quals requereix una adaptació del remolc o semiremolc. Tot seguit se'n fa un desglossament de totes elles.

Per tal de poder donar dades característiques de cada sistema, tots ells es presentaran en la seva configuració per semiremolcs de 13,73 metres, els més grans possibles en configuració de unitat tractora i un semiremolc, i alhora els més utilitzats i vistos actualment.

Sistema de rodaments i cadenes

Es tracta d'un sistema automatitzat on l'única funció humana és la d'activació i desactivació del sistema.

Consisteix en instal·lar sistemes de rodaments i cadenes de forma longitudinal al semiremolc i d'igual manera a la platja de càrrega i descàrrega. Es creen dos carrils al llarg del semiremolc formats per dos files de rodaments als extrems de cada carril i una fila dotada d'una cadena al centre de cada carril.

El seu funcionament es basa en la tracció de la cadena a les paletes i el lliscament en els rodaments, de forma conjunta. En entrar en marxa, les línies de rodaments i cadenes entren en contacte amb les paletes i amb la seva posada en marxa s'aconsegueix el moviment conjunt de totes les paletes en una direcció, ja sigui d'entrada o sortida del semiremolc. Perquè aquesta sigui efectiva, tant el sistema dels semiremolcs com el de la platja han d'estar connectats i treballar de forma sincronitzada, sense presentar salts en la velocitat d'avanç o diferents configuracions de carrils.

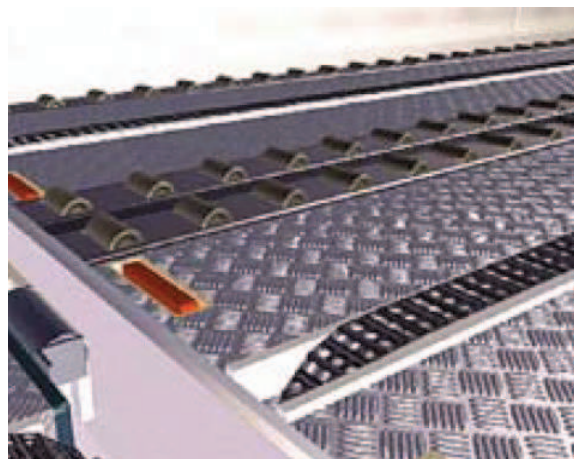


Figura 10. Sistema de rodaments i cadenes en semiremolc. Font: Seconcomponents

Al tindre dues files de rodaments i una cadena per carril, el pes de les paletes queda repartit entre aquests tres punts de recolzament, pel que no es generen gran esforços puntuals que puguin ser excessivament agressius pel sistema.

Un cop completada l'acció, les files de rodaments i cadenes prenen una posició baixa, integrada al terra del semiremolc o platja, fent reposar el pes de les paletes sobre el terra i no

sobre el propi sistema, fent la càrrega molt més estable. Aquest moviment d'elevació i descens és gràcies a un sistema pneumàtic.



Figura 11. Transició entre platja i semiremolt. Font: Seconcomponents

Finalment, cal destacar que amb aquest sistema tan sols es poden carregar 32 paletes europees, ja que només són dos els carrils, pel que les paletes entren i surten del camió en posició transversal al semiremolt. D'aquesta manera la caixa queda configurada en 16 files de 2 paletes⁴.

Pel que fa al temps de càrrega o descàrrega, aquest s'estima en uns 90 segons.

Sistema de forquilles extensibles

Es tracta d'un nou sistema automatitzat on l'única acció humana requerida és la posada en marxa del sistema.

És un sistema molt interessant ja que no requereix grans modificacions als semiremolts, on tan sols hi ha d'haver disponibles unes guies per on s'introduiran unes forquilles.

El seu funcionament es basa en la creació de dos carrils amb dues guies als extrems, tant a la platja com al camió. En el carrils de la platja hi ha instal·lades una forquilles que s'introdueixen als carrils del camió un cop aquest està estacionat de forma alineada. Un cop dins, el sistema és molt similar al plantejat anteriorment, ja que aquestes forquilles s'eleva de forma pneumàtica, quedant les paletes reposades sobre seu (sense contacte amb el terra) i llavors s'inicia el recolliment d'aquestes forquilles des de l'interior del semiremolt cap a la platja. Un cop extret el material, les forquilles descendeixen fins quedar de nou guardades en



⁴ En carregar les paletes en posició longitudinal al semiremolt s'aconsegueix una capacitat de 33 paletes, ordenades en 11 files de 3 paletes cada una.



els fons del propi carril i la mercaderia reposant a la superfície del terra.



Figura 12. Sistema de guies al semiremolc. Font: Seconcomponents

Adicionalment, a la platja poden haver instal·lats sistemes de rodaments i cadenes vistos anteriorment per seguir amb el moviment dintre del magatzem utilitzant aquest sistema.



Figura 13. Introducció de les forquilles de la platja a les guies del semiremolc. Font: Seconcomponents

Pel que fa a les possibilitats d'ordenació de paletes es repeteix el patró del cas anterior, tenint disponibles dos únics carrils, aconseguint encabir 32 paletes configurades en 16 fileres de 2 palets en posició transversal al semiremolc.

Pel que fa al temps de l'operació de càrrega o descàrrega es torna a situar al voltant dels 90 segons. És així ja que tot i tractar-se de sistemes de tracció diferents, el moviment que acaben rebent les paletes és el mateix, pel que s'han de donar les mateixes condicions de velocitat i estabilitat per garantir que l'operació es realitza amb èxit.

Sistema de terra mòbil de làmines

Altres cops consisteix en un sistema automatitzat que tan sols requereix de l'acció humana per la seva posada en funcionament.

El sistema es basa en crear una estructura de terra mòbil de làmines, com si d'una eruga es tractés. És per tant, un sistema de làmines transversals al semiremolt que avancen en direcció longitudinal cap a un sistema anàleg instal·lat a la platja del magatzem. Aquestes làmines estan propulsades per un sistema de cadenes que queda integrat a l'interior de l'eruga.

En aquest cas poden o no formar-se carrils. En cas de no formar-se'n, com si que passava en els dos sistemes anteriors, s'aconsegueix una plataforma completa per tot el semiremolt. Aquesta disposició suposa l'avantatge de permetre la configuració de 33 paletes, impossible en els sistemes anteriors, però alhora perd part de la seva versatilitat ja que no es poden tractar carrils de forma independent (en casos de camions amb més d'un destí, es poden separar aquest per carrils, aconseguint no haver de fer la descàrrega completa del semiremolt com si que seria necessari en el present sistema).

Tot i així també hi ha l'opció de dividir aquest terra mòbil en parts, tal com s'aprecia a la següent figura:



Figura 14. Terra mòbil de làmines en configuració de múltiples carrils. Font: Seconcomponents

Pel que fa als temps destinats a l'operació de càrrega o descàrrega, de nou de les mateixes característiques, torna a rondar els 90 segons.

Sistema amb carro de transbord

Es tracta de l'únic sistema que no requereix cap tipus de modificació en el semiremolt.

Consisteix en un carro instal·lat a la platja que introdueix o extreu les paletes dels semiremolcs per files.

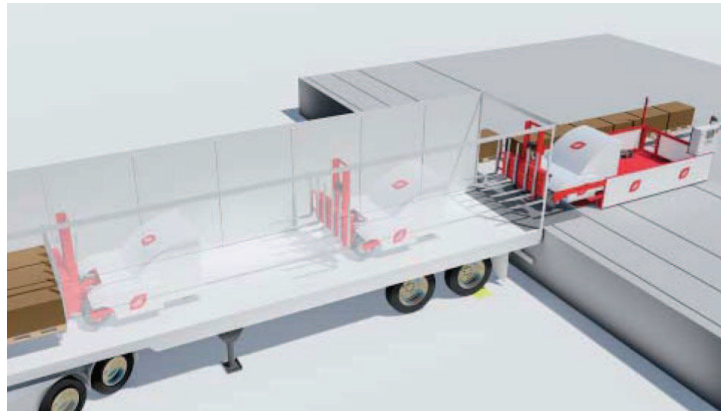


Figura 15. Inserció / extracció de fila de paletes amb carro de transbord. Font: Seconcomponents

Aquest carro pot donar servei a diferents molls, podent realitzar el moviment longitudinal per entrar i sortir dels semiremolcs i el moviments transversal per les platges per fer el canvi de moll. Amb això s'aconsegueix poder treballar de forma simultània a diferents molls, amb un topall de 150 paletes a la hora, ja sigui carregades, descarregades o en ús mixt. Amb això s'aconsegueix donar servei complet a aproximadament 5 camions cada hora, amb un temps mínim per camió de 12 minuts.

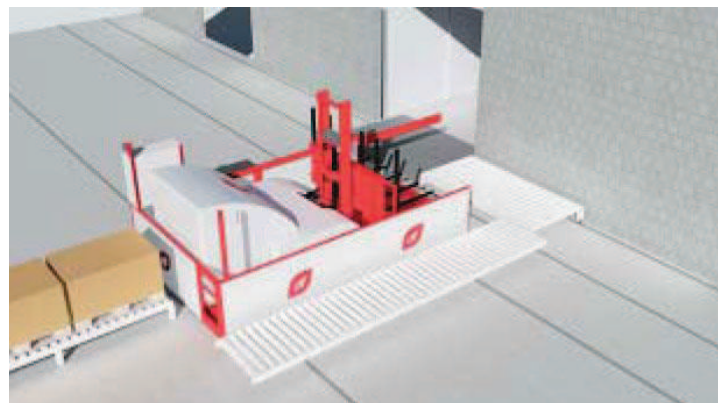


Figura 16. Carro de transbord abans d'alinear-se amb un semiremolc. Font: Seconcomponents

Com es pot observar no es tracta d'unes xifres proporcionals, ja que en treballar en un sol camió la meitat dels moviments es fan en buit, mentre que en treballar simultàniament en diferents molls es poden combinar les accions de càrrega i descàrrega per tal de minimitzar el temps de moviment en buit del sistema.

4.3.2. Càrrega i descàrrega de contenidors marítims

En el cas dels contenidors marítims hi ha una dificultat afegida alhora de poder automatitzar les accions de càrrega i descàrrega, i és que els contenidors, a diferència dels semiremolcs, no es poden modificar ja que són propietat de la naviliera i no són d'ús exclusiu per una sola empresa, sinó que al llarg de la seva vida útil transporten diferents materials de diferents empreses.

Adicionalment a aquesta impossibilitat d'adaptació mecànica del contenidor també trobem que el sistema adoptat ha de mostrar compatibilitat amb algun dels sistemes presentats pel cas dels semiremolcs. En cas que no fos així, hi hauria d'haver molls dedicats a contenidors i altres a semiremolcs, perdent la versatilitat dels mateixos i anant en contra de l'adaptabilitat del magatzem.

Tan fortes són aquestes restriccions que l'únic sistema que podria arribar a compatibilitzar ambdós usos és una versió adaptada del sistema automàtic de forquilles extensibles.

En aquest cas, el sistema no requereix de la modificació del contenidor, ja que és a partir del sistema de forquilles instal·lats a la platja que s'introdueix la mercaderia. Funciona com si fossin les pales d'un carretó: en la platja s'introdueixen per sota d'un bastidor que conté tot el producte a carregar. A continuació, aquestes pales (o forquilles) s'eleva pneumàticament, deixant enlaire tot el conjunt de bastidor i contingut. Després s'introdueixen cap a l'interior del contenidor en un moviment horitzontal i un cop assolida la posició desitjada es baixen les forquilles fins que el bastidor amb el material descansa al terra del contenidor. Finalment, es recullen les forquilles de nou cap a la platja.



Figura 17. Forquilles extensibles abans d'entrar al contenidor. Font: Seconcomponents

Pel que fa a la descàrrega es procedeix d'igual manera, amb l'única diferència que l'entrada

de les forquilles és en buit i la sortida amb càrrega.



Figura 18. Forquilles extensibles ja introduïdes al contenidor. Font: Seconcomponents

El punt dèbil d'aquest sistema és que al tractar-se d'una solució que deixa suspesa tota la càrrega a les forquilles, es genera un parell cada cop més gran a mesura que aquestes s'introdueixen més endins del contenidor. Aquest fet obliga a que el sistema sigui molt més robust que el que es plantejava en el cas dels semiremolcs, com bé es pot apreciar a les imatges. Tanmateix, també s'ha de tindre en compte que depenent del pes de la mercaderia s'haurà de completar la càrrega o descarrega en diversos moviments.

Amb tot això, i per tal d'assimilar-ho al cas dels semiremolcs, el temps necessari per completar la càrrega o descarrega d'una longitud de 13,73 metres és de 12 minuts.

4.4. Sistemes de transport de contenidors en zones portuàries

És moment de veure quines solucions de transport presenten els ports per tal de valorar fins a quin punt una adaptació d'alguns d'aquests sistemes podria ser útil per poder moure de manera fluïda les unitats de movimentació esclaves del magatzem, a mode d'agrupament de paletes.

Tal com s'ha comentat anteriorment, es pretén crear blocs de paletes que aconseguixin completar la càrrega del camió en no més de quatre unitats, pel que les dimensions i pesos que s'assolirien no podrien ser moguts per la maquinària convencional de transport de paletes.

El material portuari actual és variat [4] i s'adapta a diferents moviments necessaris per poder desenvolupar l'activitat portuària adequadament. Les solucions ofertes i que es podrien adaptar a la necessitat de transport en l'entorn d'un magatzem són les següents:

- Grues apiladores sobre rails o pneumàtics [5]

Consisteixen en dos pòrtics sobre carrils o pneumàtics sobre els que es recolza una ploma per la qual pot desplaçar-se la grua. Aquests desplaçaments pels carrils i de la grua permet el moviment en els dos eixos del pla horitzontal, tal com s'observa a la imatge adjunta.



Figura 19. Moviments de la grua apiladora sobre rails o pneumàtics. Font: Liebherr

A més, la pròpia grua completa el moviment d'elevació i descens del contenidors. Addicionalment, i depenent del model, aquests tres moviments possibles que s'ofereixen es poden fer simultàniament, suposant un increment de la versatilitat i una optimització dels temps de manipulació de la càrrega.

La seva capacitat d'elevació varia depenent de la capacitat d'apilat de contenidors.

Com a dades tècniques interessants destaquen la **capacitat d'automatització** i les **capacitats de treball**, aquestes últimes recollides en les dades següents⁵:

	Grues sobre rails	Grues sobre pneumàtics
Velocitat d'elevació	De 28 a 150 m/min	De 28 a 56 m/min
Velocitat de desplaçament del pòrtic	70 m/min	70 m/min
Velocitat de desplaçament de la grua	Fins a 240 m/min	Fins a 130 m/min

Taula 1. Velocitats de treball de les grues apiladores sobre rails i pneumàtics de l'empresa Liebherr



⁵ Les dades mostrades a la taula corresponen a les grues apiladores sobre rails i pneumàtics ofertes per l'empresa Liebherr.



- Straddle Carrier [6]

Es tracta d'un vehicle en forma de carretó pòrtic, sobre pneumàtics, que ha d'estar dirigit per un conductor situat en una cabina sobre el mateix vehicle.



Figura 20. Straddle Carrier de l'empresa Liebherr, en la configuració "1 sobre 2" (apilat màxim de 3 contenidors). Font: Liebherr

Al tractar-se d'un vehicle molt més petit que la grua apiladora presentada anteriorment, ofereix una gran versatilitat i maniobrabilitat.

Una contrapartida en la seva hipotètica aplicació en un magatzem és que funciona amb motor tèrmic, pel que no és adequada la seva utilització en ambients tancats. Tot i així, en una adaptació a l'entorn del magatzem es podria oferir fàcilment en variant elèctrica, pel que es pren com a bo en quant a solució conceptual i no es sentència com a impediment tècnic.

Pel que fa a les dades tècniques, **no es pot automatitzar** el seu funcionament donat el requeriment de disposar de conductor, i les seves capacitats de treball són les següents:

	Plena carga	En buit
Velocitat d'elevació	18 m/min	26 m/min
Velocitat de translació	30 km/h	30 km/h

Taula 2. Velocitats de treball del Straddle Carrier de l'empresa Liebherr. Model "1 sobre 2" (apilat màxim de 3 contenidors)

Finalment, es poden trobar a faltar les famoses grues pòrtic, molt característiques dels ports. S'han descartat degut a que el braç articulat requereix de molta alçada per treballar

adequadament. Es creu que amb la grua apiladora sobre rails o pneumàtics s'aconsegueix bona funcionalitat en l'entorn del magatzem, sent a més una solució més compacta per un espai tancat.

5. Sistemes de manutenció

En aquest apartat es veurà quins sistemes s'adoptaran a l'hora d'equipar els magatzems i s'explicaran quines adaptacions conceptuais s'han de fer i quins rendiments aproximats s'obtindrien.

5.1. Sistemes de manutenció de capçaleres

Tot i tractar-se d'una activitat que s'allunya de la interacció entre capçaleres i sistemes de transport extern, es creu necessari fer una petita visualització del que es creu que seria adequat i aniria en la línia d'aquest nou concepte de magatzem que s'està treballant.

Primerament, cal imaginar si s'hauria de tractar d'un sistema manual o automatitzat. En aquest sentit la resposta és ràpida i és que hauria de ser un **sistema automatitzat**. La justificació és que amb aquest nou sistema d'interacció que es planteja s'ha d'aconseguir una major eficiència temporal i operacional que en un magatzem convencional. Si es pretén aconseguir un procés de descàrrega i càrrega àgil, s'haurà d'aconseguir un flux gairebé continu de moviment de material i, ara per ara, la manera més efectiva d'aconseguir-ho és automatitzant també aquest procés de transport fins la capçalera per aconseguir una correcta alineació entre processos. Si no fos així, de ben segur que aquest transport es convertiria en el coll d'ampolla del procés en visió global i restaria efectivitat en l'operativa del magatzem.

Vist això, cal imaginar quin sistema seria l'adequat. Un sistema ja utilitzat i que a més està basat en els mateixos principis que un dels sistemes de càrrega i descàrrega automatitzats és de cadenes i rodaments o corrons.

Aquest sistema permet la creació de cintes transportadores gràcies a la tracció de les cadenes i el lliscat pels rodaments i/o corrons. La seva aplicació no suposaria cap maldecap, ja que simplement s'haurien de dissenyar amb les dimensions necessàries per acollir a les plataformes esclaves i crear un itinerari el més beneficiós possible per dur a terme l'activitat. En aquest sentit, s'intentarien minimitzar els canvis de sentit, ja que es tracta de punts on s'han d'instal·lar rodament en dues direccions diferents, per tant, punts de més complexitat mecànica amb l'increment de costos associat.

També destacar que l'espaiat entre els diferents corrons que conformarien la gran cinta transportadora no hauria de ser massa petit, ja que al tractar-se de plataformes esclaves de considerables dimensions no hi hauria risc d'encallament o caiguda en l'espai buit entre corrons consecutius.

Més endavant, quan es plantegin les alternatives, es veurà més detalladament els recorreguts

que seria necessari cobrir i la complexitat dels mateixos.

5.2. Sistemes de transport i col·locació en capçalera

Aquest apartat té sentit només en l'alternativa on s'interactua per ambdós laterals del semiremolc, ja que en el cas d'interacció per només un, el propi sistema de manutenció de capçaleres ja és el que col·loca el material a la posició adequada per procedir a la càrrega.

Malgrat això, és necessari tindre en compte que en l'alternativa de càrrega i descàrrega simultània s'haurà d'aconseguir creuar el passadís o carril per on passen els camions. Aquest passadís ha de ser necessàriament un fossat per tal d'aconseguir enrasar el pla de carga de capçalera i superfície del semiremolc, pel que el sistema seleccionat haurà de salvar aquesta dificultat per alçada.

És aquí on pren sentit l'estudi d'alternatives ofertes pel que fa a transport de contenidors en alçada en l'ambient portuari. De les que s'han presentat, la que més encaixa en un ambient de magatzem amb l'objectiu d'automatització és la **grua apiladora sobre rails o pneumàtics**.

A part de ser un sistema molt utilitzat i del que ja se'n té gran coneixement, no resultaria difícil fer una adaptació a escala per l'interior d'un magatzem, ja que es donen totes les condicions d'ús adequades per la seva utilització.

Per poder instal·lar-lo s'haurien de disposar de rails a banda i banda de les capçaleres, per on lliscaria el pòrtic que sosté la grua. Aquesta, col·locant-se en la posició necessària podria transportar les plataformes esclaves d'un costat a l'altre sense dificultat. Tan sols s'ha de tindre en compte alhora de dissenyar aquestes plataformes que hauran d'estar dotades amb algun sistema que permeti fàcilment que siguin subjectades de forma segura durant el transport en alçada i que a la vegada es residueixin els esforços generats durant aquest moviment (flexió principalment).

S'opta per la solució sobre **rails** enlloc de l'alternativa sobre pneumàtics ja que s'entén que en un ambient de magatzem és més segura aquesta alternativa, dificultant enormement la desviació de la grua en el seu avanç, i més en un espai de magatzem on les cotes són més reduïdes que en un moll de port i on conseqüentment el marge de maniobra és més reduït.

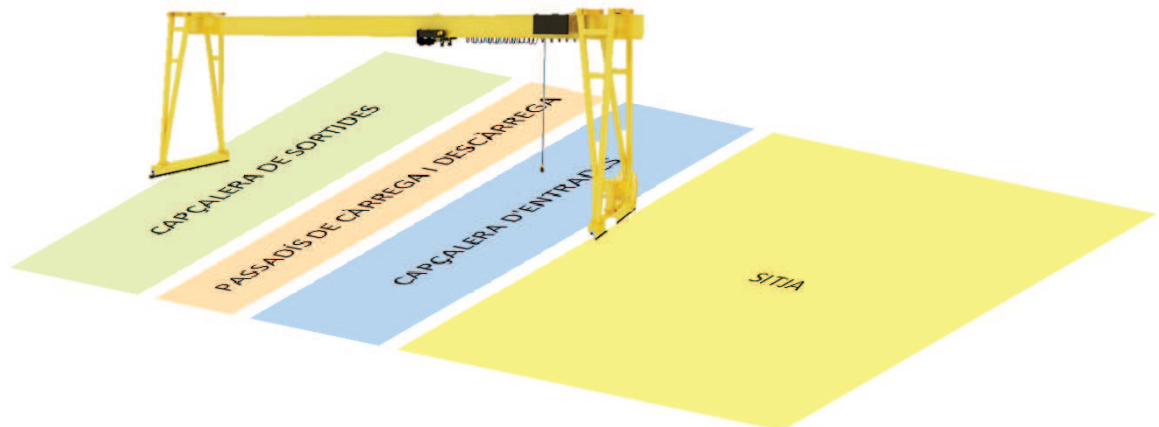


Figura 21. Esquema bàsic de la disposició de la grua a les capçaleres. Font pròpia

Amb aquest sistema, addicionalment, s'aconsegueix un extra d'adaptabilitat ja que es podria muntar més d'una grua portic al llarg de les guies del magatzem, aconseguint limitar el nombre de platges d'expedició a les que dona servei cada unitat depenent dels temps operacional objectiu que es marqui en cada cas.

Això vol dir que en magatzems on es requereixi una alta fluïdesa en el flux de càrregues i descàrregues es podria arribar a dotar d'una grua portic per cada platja de càrrega i descàrrega, operant-hi de forma exclusiva, mentre que en el cas de més baixa exigència, una sola grua portic podria donar servei a quatre o cinc platges. Seran les necessitats concretes de cada cas particular les que acabaran configurant l'equipament que permeti complir els temps d'operació objectius.

Finalment, és necessari fer una taula on es recullin els temps de cada operació que caracteritzen la grua, per així posteriorment poder fer una avaluació dels temps que ofereix cada alternativa.

Abans de poder mostrar la taula cal fer un petit aclariment sobre els possibles moviments a efectuar durant l'activitat. Per tal de facilitar l'entesa es mostra un esquema explicatiu de totes les possibles posicions que podrien prendre les plataformes esclaves en l'alternativa de càrrega i descàrrega simultània.

Aquest esquema també resulta un avanç pel que fa a les característiques de les plataformes esclaves. Es pot anticipar que es treballarà amb dos tipus de plataformes esclaves, de 8 i 16 paletes de capacitat, amb disposició de 4x2 i 8x2 paletes respectivament, entenent el primer nombre com el número de files de paletes en posició transversal al semiremoc que la

plataforma podrà acollir, i el segon com al número de paletes que formaran cada fila. La justificació d'aquestes dades es podrà consultar en el proper apartat del projecte, relatiu a les unitats de movimentació del magatzem.

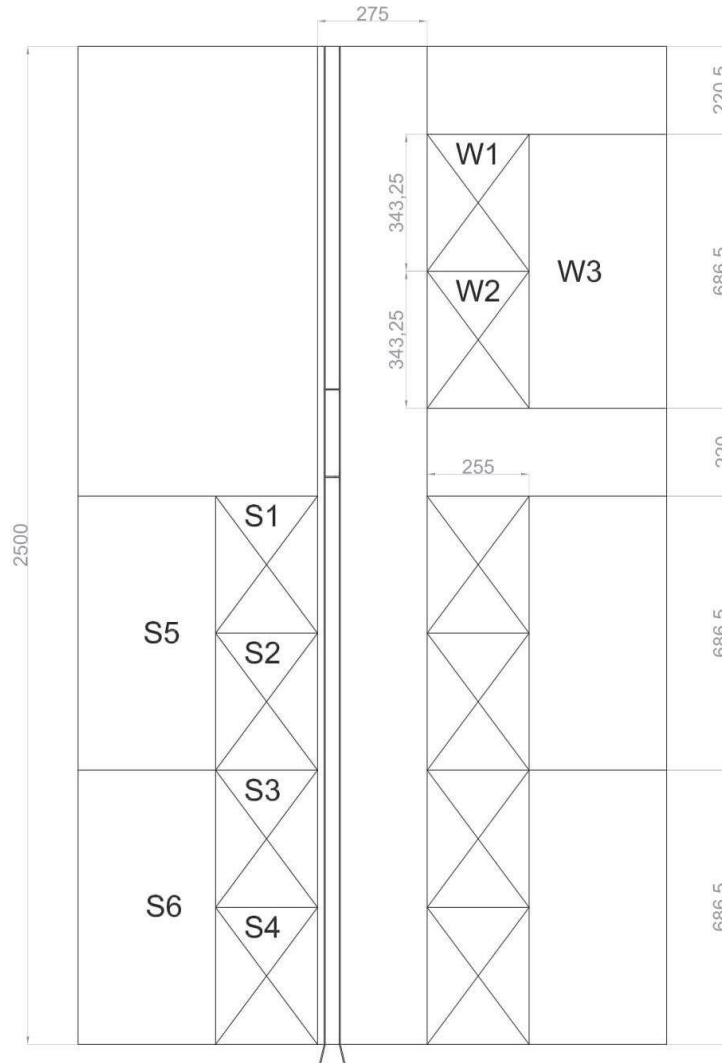


Figura 22. Possibles posicions de la plataforma en capçalera

En l'esquema s'observen fins a nou posicions diferents, que es designen inicialment amb una S o una W. La referència S correspon a una ubicació dedicada a *Sortides*, mentre que a la W una d'espera. No s'han designat aquestes ubicacions amb una lletra E ja que fàcilment podria haver generat confusió al poder-se interpretar com *Entrada*. És per aquest motiu que s'ha referenciat amb una W provinent de *Wait*, corresponent a espera en llengua anglesa.

Les posicions W1, W2, S1, S2, S3 i S4 corresponen a les possibles ubicacions per les plataformes de 4x2 paletes europees. La posició W3 correspon a la posició resultant de la combinació de W1 i W2 per tal d'acollir una plataforma de 8x2 paletes. El mateix passa en els casos de les posicions S5 i S6 amb les respectives S1 amb S2 i S3 amb S4.

També cal fer un petit aclariment de la nomenclatura utilitzada a l'hora de descriure els moviments en el cas dels desplaçaments longitudinals respecte el passadís de càrrega i descàrrega en el transport de plataformes entre capçaleres. La nomenclatura està formada de tres parts diferents que corresponent respectivament a tipus de moviments, tipus de plataforma, posició inicial i final del moviment.

D'aquesta manera ens trobarem amb un primer terme que serà *Long*, referint a que es un moviment longitudinal respecte el passadís, un segon terme que podrà ser *G* o *P*, fent referència a la plataforma de 8x2 paletes en el cas de la *G* i a la de 4x2 en el cas de la *P*, i finalment mostrant la posició d'inici i fi respectivament separades per un guió.

A mode d'exemple, l'acció *Long_P_W1-S4* significa que es tracta d'un moviment longitudinal d'una plataforma de 4x2 paletes amb posició inicial *W1* i posició final *S4*.

Es diferencien diverses accions depenent de si es tracta del transport de la plataforma entre capçaleres, en el qual s'hi aplicaran especificacions de transport amb càrrega, o de transport en buit, en el que s'hi apliquen especificacions de transport en buit. En alguna casos aquestes especificacions no variaran d'una situació a l'altre, però en d'altres es podrà fer un major aprofitament de les capacitats de la maquinària per augmentar la velocitat dels moviment en pro de l'optimització. Malgrat això, les especificacions en buit sempre es mantindran dintre dels llindars de seguretat exigits per un entorn de magatzem interior tot i en cas que la maquinària presenti capacitats superiors a aquests límits.

Totes les especificacions de velocitat i les justificacions dels valors obtinguts es poden trobar de forma extensa a l'Annex de justificació de temps.

Totes les accions així com els temps necessària per dur-les a terme es recullen a continuació:

Acció		Temps necessari [s]
Agafada de plataforma		2,00
Aixecament de plataforma		5,20
Transport de plataforma entre capçaleres	Transversal	11,00
	Long_G_W3-S5	13,70
	Long_G_W3-S6	19,50
	Long_P_W1-S1	13,70
	Long_P_W1-S2	16,60
	Long_P_W1-S3	19,50
	Long_P_W1-S4	22,50
	Long_P_W2-S1	10,70
	Long_P_W2-S2	13,70
	Long_P_W2-S3	16,60
	Long_P_W2-S4	19,50
Descens de plataforma		5,20
Retorn en buit entre capçaleres	Transversal	11,00
	Long_G_S5-W3	13,70
	Long_G_S6-W3	19,50
	Long_P_S1-W1	13,70
	Long_P_S2-W1	16,60
	Long_P_S3-W1	19,50
	Long_P_S4-W1	22,50
	Long_P_S1-W2	10,70
	Long_P_S2-W2	13,70
	Long_P_S3-W2	16,60
	Long_P_S4-W2	19,50
Canvi de platja		27,30

Taula 3. Temps d'operacions de la grua pòrtic entre capçaleres

5.3. Sistema de càrrega i descàrrega automatitzat de semiremolcs

Pel que fa al sistema de descàrrega i càrrega es creu que el més adequat és el **sistema de forquilles extensibles** presentat anteriorment.

La seva utilització és fàcil i la preparació del semiremolc no requereix de cap motorització, com si passava en altres alternatives com la de cadenes i rodaments.

El primer pas necessari per poder implementar aquest sistema és tindre la flota de semiremolcs adequadament equipada amb la següent configuració:

- Plataforma adaptada en la configuració de carrils transversals al semiremolc per fer factible la càrrega i descàrrega lateral. Aquest carrils es formen instal·lant unes plaques fixes a la plataforma de càrrega del semiremolc i deixant espais entre elles, a mode de carrils. Aquestes plaques tenen una alçada de 7 centímetres.

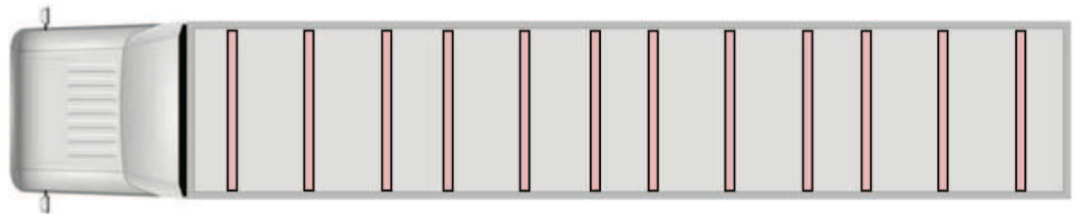


Figura 23. Disposició il·lustrativa de guies en semiremolc

- Lones del semiremolc amb l'opció de ser recollides verticalment, per tal d'alliberar l'accés lateral al seu interior.



Figura 24. Direcció de plegat de la lona. Font: Lecitrailer

Pel que fa a l'oferta actual de semiremolcs que s'assimilin al màxim amb aquestes dues

necessitats, el mercat ofereix diverses alternatives que concorden casi a la perfecció. En el cas de l'alternativa de càrrega i descàrrega no simultània per un sol lateral del semiremolt, en el mercat trobem un tipus de semiremolt que ofereixen diversos fabricants [7] [8] que presenta obertura per un sol lateral del camió, deixant un espai de càrrega totalment net, però que en l'altre lateral equipa diferents puntals i travessers per dotar de rigidesa al semiremolt.

El que no s'ha trobat, i que per tant s'hauria de desenvolupar per poder-ho dur a terme, és un semiremolt que presenti una obertura neta pels dos laterals, podent completar el moviment de càrrega i descàrrega simultani pels dos laterals de l'altra alternativa. Tal com s'ha mencionat en diferents punts, no és objecte d'aquest projecte el disseny mecànic dels elements, pel que tan sols es considerarà aquest remolt de forma conceptual sense entrar en criteris mecànics. El que sí que es valorarà al final del projecte en comparar les alternatives és la facilitat o no d'implementació d'aquestes, sent la falta d'existència d'aquest semiremolt amb doble obertura un punt en contra a l'alternativa de càrrega i descàrrega simultània.

Pel que fa al sistema de guies en el semiremolt, aquest no presenta cap problema en cap de les dues alternatives, ja que tan sols es necessita disposar d'una superfície de càrrega plana per tal de poder instal·lar el sistema de guies, tal com s'ha mostrat a la figura 12 de la pàgina 22.

Finalment, pel que fa als temps d'execució del moviment per completar la càrrega i la descàrrega, el rendiment ofert per la càrrega convencional es situa en 90 segons per cada una d'elles. Això significa que la velocitat d'entrada o sortida de les forquilles amb les paletes és la mateixa tant en moviment de càrrega com de descàrrega. Aquest moviment es descompon així:

- Descàrrega:
 - Introducció de les forquilles per les guies del semiremolt
 - Aixecament de la càrrega
 - Recollida de forquilles des de l'interior cap a l'exterior del semiremolt
 - Recolzament de les càrrega a la superfície de la platja
- Càrrega:
 - Aixecament de la càrrega
 - Introducció de la mateixa amb les forquilles a l'interior del semiremolt
 - Recolzament de la càrrega a la superfície del semiremolt
 - Recollida de les forquilles en buit cap a l'exterior del semiremolt

Malgrat i no disposar d'un desglossament de temps acció per acció, es poden prendre diverses consideracions per estimar quant temps es destina a cada una d'elles, que es mostren detalladament a l'Annex de justificació de temps. A partir d'aquestes consideracions s'adapten els temps al sistema de càrrega i descàrrega lateral, on la distància a completar en cada moviment és menor, arribant als temps d'operació definitius que es mostren a la següent taula:

Acció		Temps necessari [s]
DESCÀRREGA	Introducció de forquilles en buit	5,60
	Aixecament de càrrega	3,00
	Extracció de la càrrega	11,20
	Recolzament de la càrrega a la superfície de la platja	3,00
	TOTAL	22,80
CÀRREGA	Aixecament de la càrrega	3,00
	Introducció de la càrrega al semiremolc	11,20
	Recolzament de la càrrega a la superfície del semiremolc	3,00
	Extracció de les forquilles en buit	5,60
	TOTAL	22,80

Taula 4. Temps d'operacions de les forquilles extensibles

5.4. Sistema de guia motoritzada pel remolcat de camions

Com a últim equipament necessari es troba la guia que remolcarà els camions fins als seus punts de càrrega i descàrrega.

Aquesta guia, conceptualment basada en la que es troba en els túnels de rentat de cotxes, serà capaç de remolcar diverses unitats de transport per tal d'adaptar-se a les especificacions operatives que es veuran en l'estudi d'alternatives.

El seu ús dependrà molt de les necessitats de remolcat que presenti cada alternativa, pel que

en aquest apartat simplement s'especificarà quines són les característiques tècniques que es donen com a bones pel desenvolupament del sistema, mentre que serà a l'annex A de justificació de temps que es detallarà els temps obtingut per cada alternativa, així com els condicionants pel seu ús en cada cas.

Vist això, les especificacions tècniques que ha de complir aquesta guia motoritzada i que van el línia de les restriccions interiors del magatzems són les següents:

Velocitat màxima [km/h; m/s]	5,00 ; 1,39
Acceleració màxima [m/s ²]	0,2
Frenada màxima [m/s ²]	-0,2
Temps d'acceleració fins $V_{\text{màx}}$ [s]	7,00
Temps de frenada fins $V_{\text{màx}}$ [s]	7,00

Taula 5. Especificacions tècniques guia motoritzada

Per tal de fer efectiva l'entrada dels camions a la guia, aquesta presentarà una forma d'embut en els primer centímetres que ajudarà a portar el pneumàtic cap a la posició final i necessària per fer el remolcat.

Aquest sistema, al igual que el dels túnels de rentat de cotxe, haurà de ser capaç d'utilitzar-se tant en condicions interiors com exteriors, ja que en l'alternativa de càrrega i descàrrega per un sol lateral aquest avançarà per l'exterior del magatzem, estant exposat a les inclemències meteorològiques i els diferents ambients estacionals (des de sol abrasador a l'estiu fins a temperatures sota zero i gel a l'hivern, depenent de la situació geogràfica).

6. Unitats de movimentació

És moment de veure quines alternatives es poden plantejar alhora de crear aquest nou sistema de paleta esclava.

Primerament és necessari veure les possibilitats de càrrega del semiremolc de 13,73 metres de longitud que es pren com a base de treball. En aquest tipus de semiremolcs es poden disposar les paletes europees en dues posicions diferents [9]:

- 16 files de dues paletes disposades longitudinalment al semiremolc o 15 files de dues paletes longitudinals i una última fila de tres paletes transversals. Màxima capacitat de 32 paletes en el primer cas i de 33 en el segon.
- 11 files de tres paletes disposades en sentit longitudinal al semiremolc. Màxima capacitat de 33 paletes.

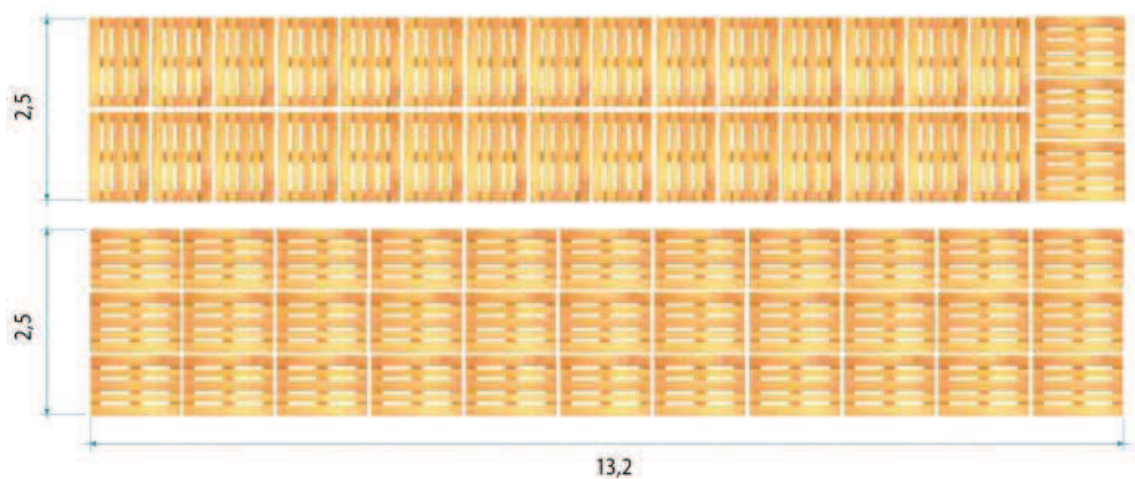


Figura 25. Possibles disposicions de paletes europees en semiremolc de 13,73 metres. Font: Mecalux

L'alternativa que es presenta més atractiva és sens dubte la de 16 files de dues paletes tot i ser la que menys capacitat final ofereix, perdent una paleta respecte les altres possibilitats. Amb aquesta disposició s'aconsegueix una variabilitat d'opcions impossible en els altres casos:

- Opció 1: Paleta esclava de 16x2 paletes europees, completant el camió amb una sola unitat.

- Opció 2: Paleta esclava de 8x2 paletes, completant el semiremolc amb dues unitats.

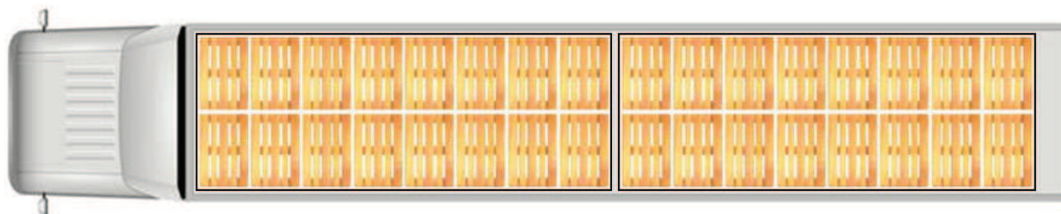


Figura 26. Opció de paleta esclava 2. Dues plataformes porta-paletes

- Opció 3: Paleta esclava de 4x2 paletes, completant el semiremolc amb quatre unitats.

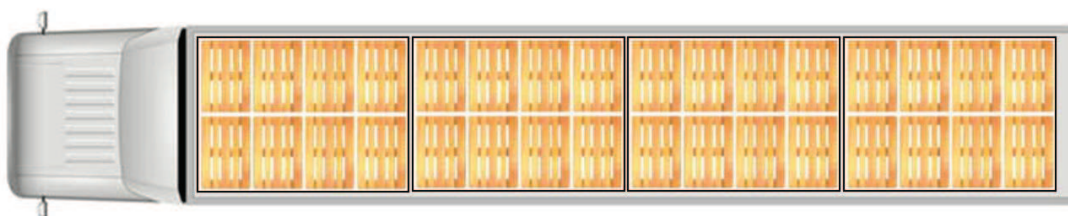


Figura 27. Opció de paleta esclava 3. Quatre plataformes porta-paletes

- Altres opcions: combinació de les opcions 2 i 3, podent completar un camió amb una paleta de 8x2 i dues de 4x2.

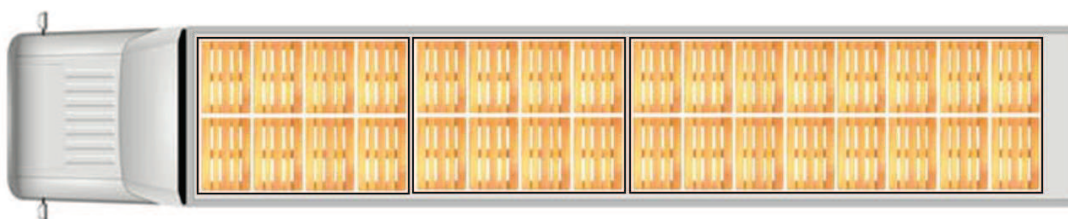


Figura 28. Opció híbrida entre les opcions 2 i 3. Dues plataformes porta-paletes d'opció 3 i una plataforma d'opció 2

No es contemplen opcions més reduïdes, com podrien ser les variant de 2x2 paletes i de 1x2

paletes, ja que tal com s'ha enunciat anteriorment es pretén completar la càrrega en no més de quatre unitats, límit imposat que implica un salt de qualitat en quan a nombre d'operacions necessàries per preparar la càrrega. Fer càrregues més reduïdes suposaria un increment de temps de preparació de capçaleres al haver de moure més unitats de plataformes, perdent el dinamisme que es vol aconseguir amb aquest nou sistema d'interacció.

Dintre de les opcions plantejades, la opció 1, tot i ser possible, es creu necessari desestimar-la per diverses raons:

- Dimensions excessives, dificultant enormement les tasques de preparació i trasllat per l'interior del magatzem.
- Requeriment de disseny molt estrictes, amb l'increment de costos associat:
 - o Necessitat de suportar molt pes: el mínim entre la càrrega màxima autoritzada del semiremolc menys el pes de la paleta o el producte de les càrregues màximes per paleta europea pel nombre de paletes a transportar.
 - o Aparició de fletxa pronunciada al centre de la plataforma esclava: donada la forma allargada, aquesta paleta esclava en forma de plataforma de semiremolc treballaria com un biga amb la càrrega uniformement repartida. En el transport per dintre del magatzem, amb punts de subjecció pels extrems de la plataforma, patiria d'una deformació pronunciada en la seva part central a no ser que es generés una estructura de la plataforma molt voluminosa i amb disseny favorable a impedir la deformació, com és el cas dels travessers de les prestatgeries dels magatzems (gran cantell en comparació a la profunditat), perdent així molta altura útil de càrrega del semiremolc tenint en compte tant l'alçada de la paleta esclava com la de l'adaptació del semiremolc al sistema de forquilles extensibles.

Tenint en compte totes aquestes consideracions, es creu que les dues alternatives reals i factibles tant operacionals com mecànicament són la 2 i la 3 (i els seus derivats).

6.1. Característiques a satisfer

Un cop fet l'anàlisi de quines opcions són interessants de cara al concepte que planteja el projecte, és moment de passar a veure un llistat de característiques que hauran de complir qualsevol de les dues alternatives.

- Limitacions de dimensions: donades les mesures interiors d'un semiremoc de 2.700 mm d'altura, 13.620 mm de longitud i 2.480 mm d'amplitud [10], cal que la plataforma porta-paletes tingui suficient superfície per transportar les paletes, alhora que no excedeixi aquestes dimensions límit per poder entrar al semiremoc.
 - Amplitud: donada la disposició de dues paletes horitzontals, s'ha de considerar un espai de folgança tant entre paletes com entre les paletes i els límits laterals de la plataforma. A més s'ha de considerar un gruix corresponent a l'espai de folgança entre els límits de la plataforma i els del semiremoc. Amb tot, no s'han de superar en cap cas els 2.480 mm.

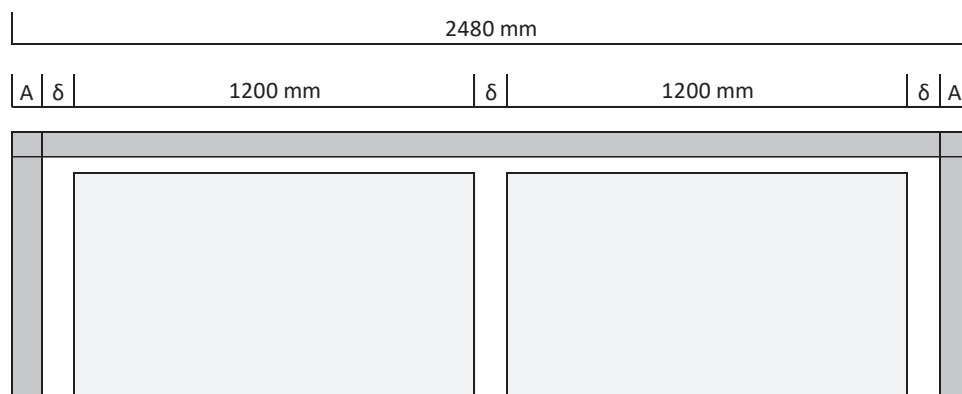


Figura 29. Esquema dimensional d'amplitud de plataforma

$$2A + 3\delta + 2 * 1200 \leq 2480 \quad (\text{Eq. 1})$$

Si es té en compte que la mercaderia no ha de sobresortir de les projeccions verticals de la superfície que delimita el contorn de la paleta, l'espai de folgança δ tan sols és un valor de seguretat per salvar petites desviacions d'aquesta condició. Malgrat això, imposant un espai de folgança A entre límit de plataforma i semiremoc de 25 mm, es podrà acotar el valor de forma precisa, per tant:

$$2 * 25 + 3\delta + 2 * 1200 \leq 2480 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\delta \leq 10 \text{ mm} \quad (\text{Eq. 3})$$

- Longitud: s'aplicarà el mateix raonament que en el cas de l'amplitud, però ara s'haurà de tindre en compte la longitud total de camió disponible i valorar quina de les tres possibles opcions de configuració de semiremolc (dues plataformes de 8x2 paletes, quatre de 4x2 o una de 8x2 i dues de 4x2) és més restrictiva.

Aprofitant la mateixa nomenclatura que en cas de l'amplitud i considerant que la dimensió A serà la mateixa tant en longitud com en amplitud i que també es donarà entre les plataformes, es plantegen les tres situacions:

Dues plataformes de 8x2 paletes

$$2 * [9\delta + 8 * 800] + 3A \leq 13620 \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\delta \leq 41.39 \text{ mm} \quad (\text{Eq. 5})$$

Quatre plataformes de 4x2 paletes

$$4 * [5\delta + 4 * 800] + 5A \leq 13620 \quad (\text{Eq. 6})$$

$$\delta \leq 34.75 \text{ mm} \quad (\text{Eq. 7})$$

Una plataforma de 8x2 paletes i dues de 4x2 paletes

$$2 * [5\delta + 4 * 800] + [9\delta + 8 * 800] + 4A \leq 13620 \quad (\text{Eq. 8})$$

$$\delta \leq 37.89 \text{ mm} \quad (\text{Eq. 9})$$

Després d'avaluar les tres situacions juntament amb la presentada en el cas de l'amplitud, la restricció final a complir és:

$$\delta \leq 10 \text{ mm} \quad (\text{Eq. 10})$$

- Alçada: no cal oblidar que l'ús del sistema de forquilles extensibles suposa la pèrdua d'alçada útil de càrrega dintre del semiremolc (7 centímetres), pel que s'ha de contenir al màxim aquesta cota per minimitzar la seva influència negativa.

Es creu adequat que aquesta alçada no suposi un gran impediment, pel que s'adopta com a alçada màxima 150 mm, tenint en compte que aquesta dimensió correspon gairebé a l'alçada d'una paleta europea (144 mm).

- Limitacions de pes: per una banda s'ha de tindre en compte la massa màxima que pot transportar una paleta i per l'altra quina és la massa màxima autoritzada en el transport de semiremolcs per carretera.

Una paleta europea pot carregar fins a un límit de 1.500 kg en moviment. En estàtic aquesta xifra augmenta fins als 4.000 kg, però donat que s'hauran de transportar es pren el primer valor a valor de disseny [9].

Per tal de poder donar un valor restrictiu s'hauran de tindre en compte totes les possibles situacions de càrrega que es puguin donar, ja sigui amb les diferents plataformes, amb càrrega completa o amb càrrega parcial.

- Càrrega completa: contant un conjunt de 16,50 metres amb semiremolc de tres eixos, la massa màxima autoritzada del semiremolc no pot excedir les 24 tones [11]. Contant que aquest semiremolc és una lona (per poder tindre obertura lateral) i pot tindre diferents accessoris, la seva massa en buit és d'uns 6.500 kg.

Donades aquestes dades, la càrrega útil resulta quedar en 17,5 tones, inferior a les 24 tones que suposen 32 paletes de 1.500 kg.

El fet que la càrrega màxima del semiremolc impliqui que les paletes no poden anar màxima capacitat provoca que no es pugui treure un valor limitant del pes de plataforma.

- Càrrega parcial: donades les dues plataformes disponibles, es presenten les diferents combinacions de càrrega no completa que es poden donar:

Una plataforma de 4x2 paletes

Inicialment es pot pensar que es podria transportar una sola plataforma de 4x2 paletes, que a 1.500 kg la paleta i el pes de les pròpies paletes suposaria una massa de 12,2 tones aproximadament. Aquest valor queda lluny de les 17,5 tones efectives de càrrega màxima enunciades anteriorment, però es dona una problemàtica de repartició de càrregues.

Un cop allotjada la plataforma a l'interior del semiremolc, aquesta suposaria una càrrega de 12,2 tones més el pes de la plataforma en una superfície del 25% del total de l'interior del semiremolc. Aquesta situació provoca que s'hagi d'assegurar la càrrega per tal que no es mogui durant el transport, però al

tractar-se d'un pes tan elevat i amb inèrcies tan grans resulta una tasca complexa.

Des de les Administracions i els propis fabricant de semiremolcs no es recomana aquesta situació, podent afectar negativament a la seguretat del transport. És per aquest motiu que no suposa una restricció de disseny al no poder-se donar a la realitat.

Una plataforma de 8x2 paletes

En aquest cas, la massa de les paletes a màxima càrrega suposaria un total de 24 tones, excedint ja el màxim disponible de 17,5 tones. Per tant torna a no resultar un criteri de disseny suficient.

Dues plataformes de 4x2 paletes

Es repeteix la situació d'una plataforma de 8x2 paletes.

Una plataforma de 8x2 paletes i una de 4x2

El total de 24 paletes a màxima capacitat suposen una massa de 36 tones, excedint de nou el límit.

Tres plataformes de 4x2 paletes

Es repeteix la situació del cas anterior.

Després d'avaluar les diferents situacions de càrrega completa i càrrega parcial, s'arriba a la conclusió que no hi ha cap situació en que el pes de la plataforma suposi una restricció alhora d'aprofitar la màxima càrrega de les paletes.

Donat aquest fet, el que s'haurà de fer és dissenyar aquestes plataformes sota **l'objectiu del màxim estalvi de pes**, però sense cap valor objectiu a assolir. A major estalvi de pes en la plataforma, més càrrega útil de mercaderia disponible fins a arribar a la massa màxima disponible.

Una opció intel·ligent que s'haurà d'adoptar és fer el disseny fent servir la mateixa lògica que amb els contenidors marítims o els travessers de les estanteries de magatzem: no treballar amb cossos massissos, sinó buits per dintre i que gràcies a les formes angulars que pren el metall s'arribin als objectius de rigidesa suficient per fer front a les càrregues i deformacions associades.

- Necessitat d'elements de disseny que facin compatible el seu transport amb els sistemes de manteniment seleccionats:
 - Interacció amb les grues apiladores sobre raïls: hauran d'estar dotades de sistemes de subjecció que permetin el transport en alçada garantint les condicions de seguretat.
 - Interacció amb el sistema de forquilles extensible de càrrega i descàrrega de semiremolcs: s'haurà d'assegurar la condició de no patinatge durant el moviment de les forquilles per impedir la desalineació amb el semiremolc.
- Capacitat d'apilament de diverses plataformes per logística inversa: un altre repte que s'ha de plantejar és la possibilitat que s'hagi de fer el transport de retorn en buit de les plataformes en alguns magatzems, depenent de l'activitat i el tipus de magatzem que rebí o enviï la mercaderia.

Resulta interessant que aquestes plataformes puguin apilar-se de forma fàcil i segura, ja que alhora de fer aquest transport en logística inversa s'aprofiteja més eficientment la capacitat de càrrega.

Tanmateix, en cap de necessitat d'emmagatzematge en qualsevol magatzem de les pròpies plataformes, també resulta útil la capacitat d'apilar-se ja que es guanya en compacitat, i per tant, no es necessita tanta superfície de magatzem per guardar les plataformes. El mercat ofereix solucions d'apilament automàtic de paletes que podrien adaptar-se fàcilment al cas de les plataformes esclaves [12], tal com mostra la imatge següent:



Figura 30. Màquina apiladora automàtica de paletes. Font: Ipla

6.2. Croquis funcional

Per tal de poder fer una idea aproximada del que serien les plataformes esclaves però sense entrar en terreny de disseny com a tal, s'adjunten els dos croquis corresponents a les dues alternatives més factibles.

En ambdues configuracions s'ha deixat un espaiat δ dintre dels límits calculats anteriorment, concretament de 10 mil·límetres.

Plataforma gran de 8x2 paletes

Longitud total: 6.490 mm

Amplada: 2.430 mm

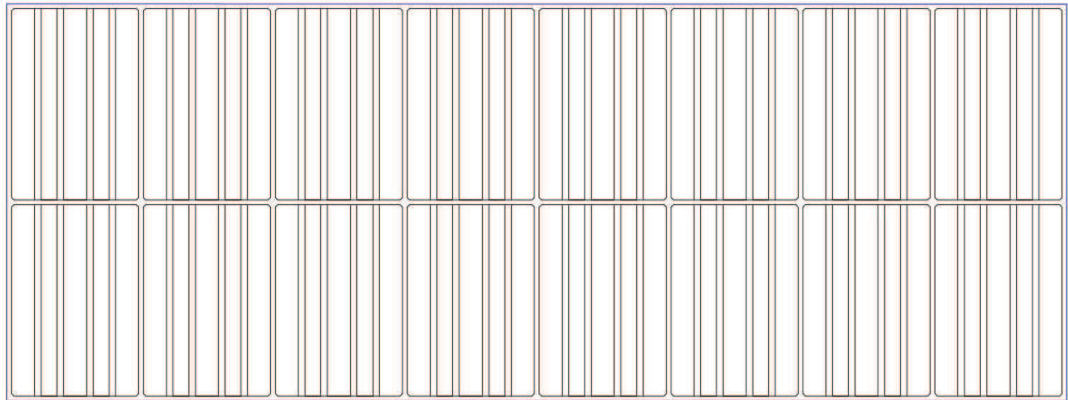


Figura 31. Croquis funcional plataforma esclava 8x2 paletes

Plataforma petita de 4x2 paletes

Longitud total: 3.250 mm

Amplada: 2.430 mm

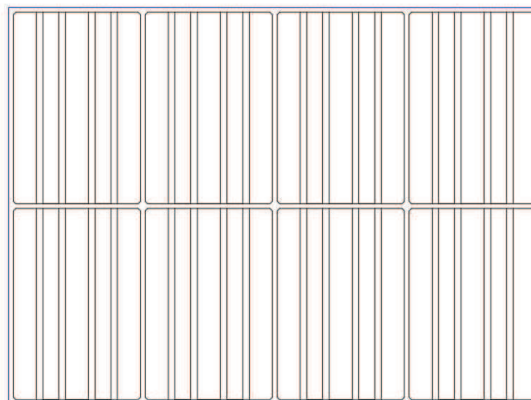


Figura 32. Croquis funcional plataforma esclava 4x2 paletes

7. Estudi d'alternatives

És moment d'analitzar amb detall les dues alternatives anticipades anteriorment, l'una amb càrrega i descàrrega simultània per ambdós laterals del semiremolc i l'altra amb interacció només per un lateral, completant primerament la descàrrega i posteriorment la càrrega.

Per tal de poder fer una comparativa final adequada entre les dues possibilitats s'estructurarà d'igual forma el desenvolupament de cada alternativa. Aquest desenvolupament constarà de: disposició física i d'equipament de les capçaleres, funcionament del sistema de càrregues i descàrregues i gestió del sistema.

7.1. Alternativa 1: Càrrega i descàrrega simultània per ambdós laterals del semiremolc

La primera alternativa plantejada és la que suposa un canvi més radical en el concepte d'interacció entre capçalera i sistema de transport extern. Aquest últim passa d'estacionar-se fora del magatzem a completar les accions de càrrega i descàrrega a l'interior del magatzem.

Aquest fet provoca que s'hagi de fer un replantejament accentuat de l'interior del magatzem, així com incorporar nous equipaments per fer viable el desenvolupament de l'activitat.

7.1.1. Disposició física i d'equipament del sistema de capçaleres – Alternativa 1

La novetat més destacada és que es necessiten dues capçaleres paral·leles per poder interactuar alhora amb el semiremolc, amb un passadís intermedi a mode de carril per on avançaran els camions. Aquest estarà equipat amb una guia motoritzada que remolcarà els camions a través del carril i els posicionarà a les diferents platges segons toqui.

Aquest passadís presentarà una alçada inferior a la del terra de les capçaleres, quedant aquest enrasat amb la superfície de càrrega del semiremolc. El seu recorregut serà complet de banda a banda de magatzem, creant un barrera física important.

Pel cas que es predrà d'estudi, en entrar al camió en aquest passadís, quedarà disposada

la capçalera d'entrades al costat dret, al mateix on hi haurà la sitja del magatzem, i la capçalera de sortides a mà esquerra. Amb aquesta disposició es busca prioritzar el buidat de la platja de descàrrega de forma ràpida per tal d'afavorir el trànsit continu de camions pel passadís (com si d'un túnel de rentat es tractés), podent procedir al transport cap a la sitja de les entrades mentre els camions encara estan a l'interior del magatzem.

Aquest plantejament també podria ser totalment invers, quedant les capçalera d'entrades i la sitja a mà esquerra i la capçalera de sortides a mà dreta.

El transport de les entrades cap a la sitja i el de les sortides cap a les capçaleres s'efectuarà a través d'un conjunt de cintes transportadores amb corrons i cadenes, tal com s'ha explicat detingudament en apartats anteriors. Els recorregut d'aquestes cintes es pot apreciar en detall a la figura 33 de la següent pàgina.

Per tal de poder transportar per dintre el magatzem el material a expedir, s'haurà de dotar de la grua en pòrtic explicada a l'apartat 5.2, que permetrà el pas del material per sobre del passadís sempre que no hi hagi cap camió en ell, ja que es creu una situació inadmissible des del punt de vista de la seguretat. El nombre de grues vindrà determinat per les necessitats concretes de cada cas. Les plataformes a ser transportades en alçada s'acumularan a les zones d'espera de la part davantera de cada platja de descàrrega.

Tanmateix, cada platja de càrrega i descàrrega estarà dotada del sistema de forquilles extensibles per fer possible la càrrega i descàrrega del semiremolc de manera automatitzada i simultània.

Pel que fa al detall de disposició i dimensions de cada platja, es pot consultar la figura 22 de la pàgina 33, corresponent a les possibles posicions de plataforma en capçalera, on se'n pot apreciar tots els detalls.

En referència al plantejament global del magatzem, a continuació es mostra un croquis complet, on a més s'indiquen els moviments que hauran de descriure les plataformes esclaves per tal de fer factible l'operativa del magatzem.

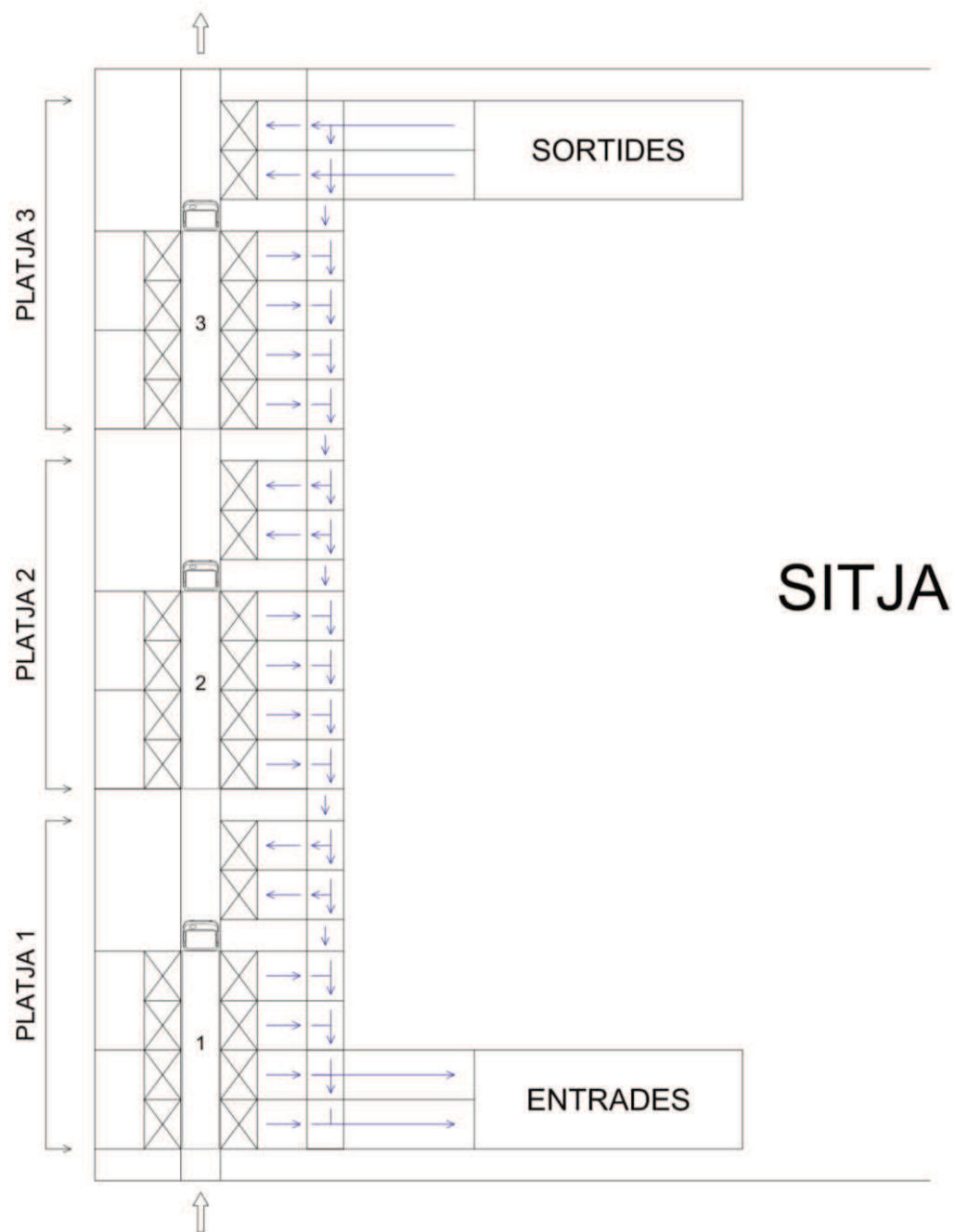


Figura 33. Croquis il·lustratiu amb moviments de plataformes esclaves possibles

7.1.2. Desenvolupament del sistema de càrrega i descàrrega – Alternativa 1

Per tal de poder explicar adequadament el funcionament, es pren com a exemple el cas del croquis mostrat anteriorment, on per longitud de magatzem es pot disposar de tres platges de càrrega i descàrrega.

Per tal de facilitar l'organització i optimitzar el sistema, es creu adequat treballar per combois. Això significa que tres camions entren seguits al passadís, queden els tres estacionats a la posició d'operació, es completen les accions i els tres surten alhora, deixant pas al següent comboi. Fet aquest aclariment inicial, es pot explicar detalladament i pas per pas el funcionament.

Primerament, quan el transportista arriba a les instal·lacions se li indica a quina hora té programada l'entrada al magatzem, se li dona una número de referència de quin és el seu comboi i se li indica quina posició de les tres possibles ocuparà.

Un cop el comboi immediatament anterior entra al magatzem, gràcies a un sistema de megafonia i de pantalles s'indica quin és el comboi que entrarà següent i es recorda en quin ordre, assenyalant la primera, segona i tercera posició fent referència a la matrícula de cada camió. D'aquesta manera, els tres transportistes poden anar-se col·locant davant de la porta d'entrada en l'ordre indicat.

Un cop que el comboi anterior ha abandonat el magatzem i s'han dut a terme els preparatius de la mercaderia pel següent comboi, un semàfor en verd amb la matrícula del primer camió li indica que pot entrar al passadís. Un sistema de càmeres i pantalles ajuden amb camioner a introduir adequadament les rodes del camió dintre de la guia del passadís, ajudat també pel disseny en forma d'embut dels primers centímetres de la guia. Un cop ben posicionat, aquest deixa el camió en punt mort, sense el fre d'estacionament i apaga el motor. A partir d'aquest moment la guia motoritzada estirarà del camió fins deixar-lo a la posició exacte de càrrega i descàrrega.

Després de que el primer camió hagi entrat i s'estigui remolcant, apareixerà un semàfor en vermell a la porta d'entrada amb la matrícula del segon camió. Tan bon punt hagi deixat l'espai necessari per tal que els dos camions quedin posicionats cada un a la seva platja de càrrega i descàrrega, el semàfor es posarà en verd i es repetirà l'acció fet pel primer, posicionant el camió dins de la guia motoritzada i remolcant els dos camions de forma conjunta.

El procés es repetirà pel tercer i últim camió. Un cop aquest ja estigui dintre del magatzem, la porta que dona accés quedarà tancada i es repetirà tot el procés d'avís de cara al següent comboi.

Un cop dintre del magatzem, la guia motoritzada els posicionarà al punt adequat per poder fer la càrrega i descàrrega i un sistema de falca situat al costat contrari del carril que la guia motoritzada s'encarregarà de frenar el camió de la inèrcia adquirida en l'avanç de la guia i assegurar que es mantindrà immòbil durant el procés de descàrrega i càrrega. A cada platja es podran fer petits ajustament per tal de deixar el semiremolc en la posició exacte per completar la càrrega i descàrrega automatitzada.

Quan el semiremolc estigui ben posicionat, el sistema de forquilles extensibles actuarà sobre la mercaderia que portava el camió extraient-la cap al costat dret, a la capçalera d'entrades, alhora que pel costat esquerra el mateix sistema introduirà la nova mercaderia, en cas que n'hi hagi.

Tan bon punt s'hagi completat la càrrega i descàrrega del tres camions i des de les tres platges s'hagi verificat que el transport està llest per seguir avançant, la guia motoritzada es posarà de nou en marxa per treure els camions del magatzem. Quan aquests arriben al final, una pantalla els hi indica que ja poden arrencar i estacionar en una zona habilitada pel plomat del camió. Aquesta zona disposarà de tres places on aturar el camió, amb els números identificadors 1, 2 i 3 pintats al mateix terra, fent referència a l'ordre en que estaven els camions al passadís.

Un cop allà, l'operari o operària encarregat de fer el plomat i lliurar la documentació de transport s'aproparà per completar ambdues accions de cada un dels tres camions i els transportistes ja podran abandonar les instal·lacions.

7.1.3. Gestió del sistema de càrrega i descàrrega – Alternativa 1

Un cop vist com es desenvoluparia el sistema de càrrega i descàrrega des d'un punt de vista més encarat al transport, enumerant pas per pas quines accions s'haurien de fer, ara és moment de veure la gestió com a tal que n'haurà de fer el propi magatzem, veient els processos de preparació de platges entre comboi i comboi i les verificacions necessàries per tal d'assegurar que les operacions es realitzen de forma segura.

7.1.3.1. Desglossament i descripció de processos

Tot seguit es farà una descripció de tots els processos que s'hauran de fer al magatzem per

tal que la interacció entra capçalera i sistema de transport sigui satisfactòria.

S'enumeraran de forma ordenada cronològicament per tal d'afavorir l'entesa de tots els procediments. Es tracta d'un conjunt de processos cíclics i del qual es prendrà com a instant zero el moment en que s'inicia el procés de preparació tant de mercaderia com d'espai per interactuar amb un comboi.

- 1) *Preparació de les sortides del següent comboi:* mentre el comboi n s'està posicionant fora del magatzem i es completen les accions de descàrrega i càrrega del comboi anterior $n-1$, a un espai habilitat entre les platges de descàrrega (zona d'espera) es van dipositant les plataformes que configuraran les sortides del següent comboi. Aquestes avancen per les cintes de cadenes i corrons fins a una llarga cinta que recorre tota la longitud de capçaleres. En arribar cada plataforma a la platja corresponent al seu destí, aquesta es desvia fins arribar a una zona d'espera al costat del passadís de circulació dels camions.

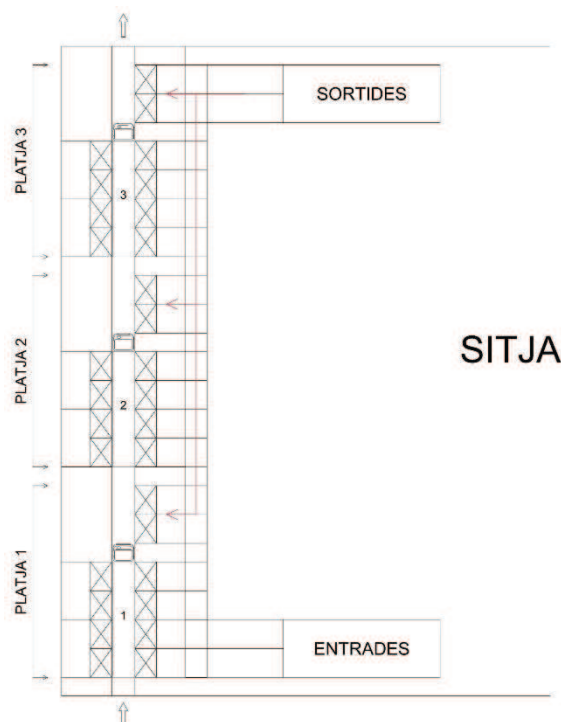


Figura 34. Procés 1 - Alternativa 1

- 2) *Retirada de les entrades*: consisteix en transportar cap a la sitja les entrades del comboi $n-1$ per tal que rebin el següent procés (manipulat o emmagatzematge), que ja no forma part de la interacció entre capçalera i transport i que per tant no s'avalua en aquest projecte. Per tal de completar el moviment de transport de sortida de la capçalera s'utilitza el mateix sistema de cadenes i rodaments del primer procés. En aquest cas, les plataformes avancen fins al passadís principal, s'hi incorporen, i segueixen el camí fins al punt de recollides d'entrades de la sitja, tal com s'aprecia al següent croquis.

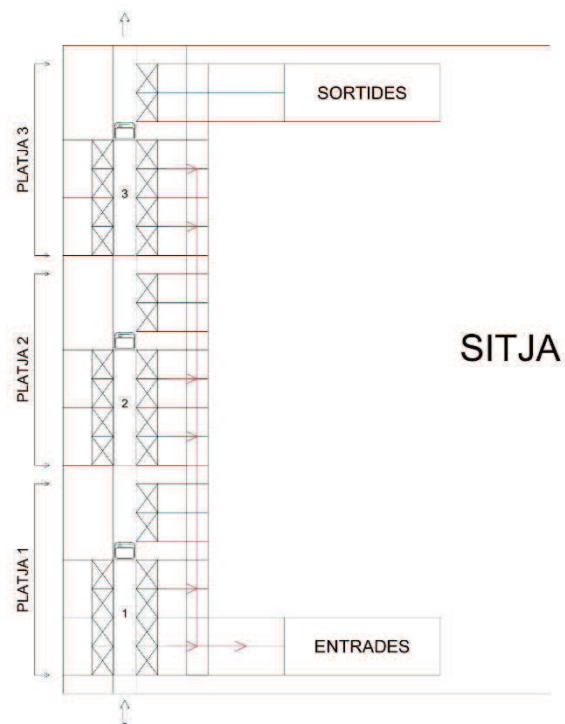


Figura 35. Procés 2 - Alternativa 1

- 3) *Transport de sortides cap a la capçalera de sortides*: prèviament preparades tal com s'ha indicat al primer procés, es transporten a la capçalera de sortides des de la zona d'espera de la capçalera d'entrades les plataformes que aniran al comboi n , tot gràcies a les grues pòrtic. Es començaran transportant primerament les plataformes de la platja més propera a la porta d'entrada de camions, després les de la central i finalment les de més a prop a la porta de sortides. Amb aquest ordre s'aconsegueix que pugui haver estalvi de temps en començar l'entrada del comboi per la primera platja mentre encara s'acaben de transportar les plataformes de l'última platja.

En cas que aquest estalvi no fos suficient, i sempre atenent a les necessitats concretes de cada magatzem, es podrien arribar a instal·lar fins a una grua pòrtic per cada platja, aconseguint un rendiment més alt a l'hora de fer aquesta preparació. D'aquesta manera s'aconsegueix que amb un mateix concepte de funcionament es pugui acoblar el ritme d'operacions dotant en major o menor mesura d'equipament a les capçaleres.

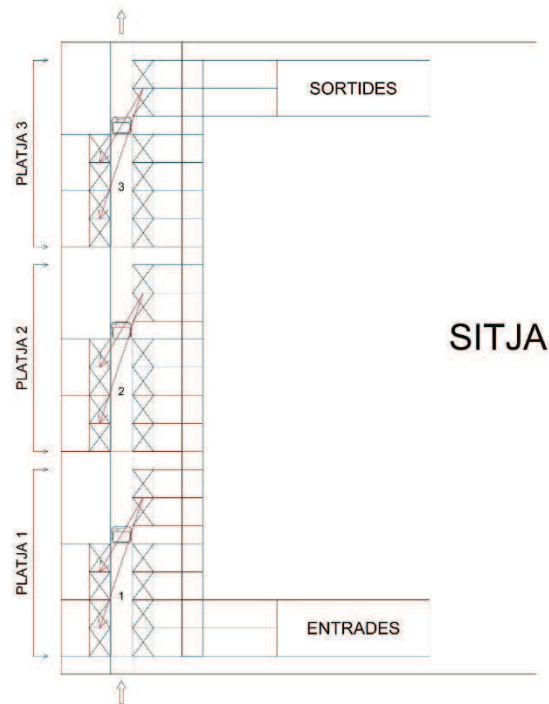


Figura 36. Procés 3 - Alternativa 1

- 4) *Verificació de posició dels semiremolcs:* un cop aquests ja hagin arribat a la seva posició final de descàrrega i càrrega s'haurà de verificar el correcte posicionat del semiremolc tant en alçada de plataforma de semiremolc com en posicionat longitudinal en el passadís. Un cop fet els ajustament necessaris es podrà iniciar la següent operació.

Per tal de fer aquesta verificació de posició, el mercat ofereix diferents alternatives com poden ser els sistemes de feixos làser o els de control fotogràfic. En qualsevol cas, s'entén que existeix la tecnologia per poder-ho dur a terme i que el desenvolupament i aplicació en el cas que es treballa ja seria un projecte en sí mateix.

Amb això s'accepta que no hi ha limitacions ni inconvenients en poder-ho dur a terme satisfactòriament.

- 5) *Descàrrega i càrrega del semiremolc*: mitjançant el sistema de forquilles extensibles automatitzat s'iniciaran de forma simultània els moviments de descàrrega i càrrega laterals. Cal remarcar que no sempre tenen perquè donar-se les dues operacions, podent tractar-se d'un transport només d'entrada o de sortida.

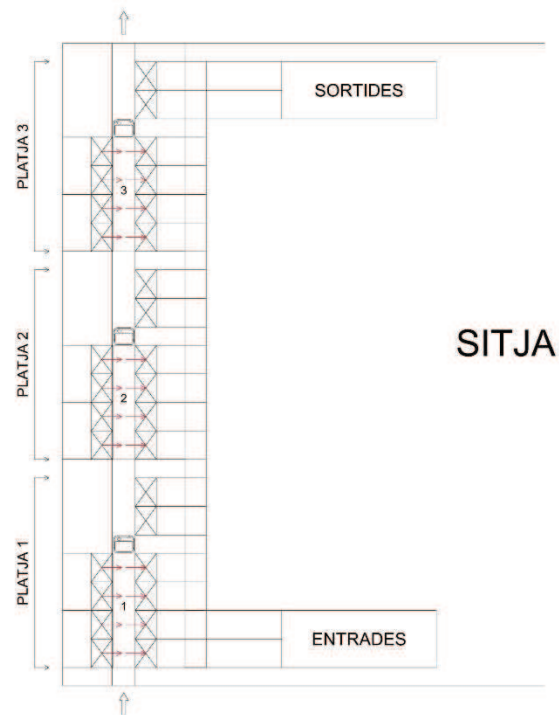


Figura 37. Procés 5 - Alternativa 1

Un cop s'hagin completat les cinc accions, la porta de sortides s'obrirà, la guia motoritzada farà avançar els camions i aquest podran abandonar el magatzem.

7.1.3.2. Estudi de temps d'operació

És moment de valorar quantitativament el temps que es necessitaria per poder completar un cicle d'entrada de sistema de transport, descàrrega i càrrega i sortida del magatzem.

Per fer-ho, s'estudiaran dues possibles situacions: la primera és la que pel magatzem amb

tres platges que s'està treballant només hi ha instal·lada una grua pòrtic; la segona és la que representa la màxima capacitat en el flux d'entrades i sortides i correspon a tindre una grua pòrtic instal·lada a cada platja, sent l'opció més òptima en quan a rendiment però menys en quant a inversió necessària.

Tots els temps obtinguts són a partir de les taules de temps presentades en apartats anteriors i justificats en l'annex A de justificació de temps.

Pel que fa la primera situació, s'obté el següent resultat:

Procés		Temps de procés [s]	Temps acumulat [s]
1	Entrada + posicionat del sistema de transport	52,80	52,80
2	Verificació de posició + ajustaments	20,00	72,80
3	Descàrrega + càrrega simultànies	22,80	95,60
4	Sortida de sistema de transport del magatzem	57,50	153,10
5	Preparació sortides platja 1	131,00	284,10
6	Canvi de platja grua pòrtic	27,30	311,40
7	Preparació sortides platja 2	131,00	442,40
8	Canvi de platja grua pòrtic	27,30	469,70
9	Preparació sortides platja 3	131,00	600,70

Taula 6. Temps de procés amb una grua pòrtic - Alternativa 1

Com es pot observar, el temps resultant de tot el cicle es de 600,70 segons, el que traduït a minuts representa una total de poc més de 10 minuts, 10,01 exactament.

No s'han contemplat els temps de transport de les sortides des de la sitja fins al punt d'espera abans del transport a la capçalera de sortides ni el temps de transport de les entrades cap a la sitja. Les dues s'efectuen pel sistema de cadenes i corrons que comuniquen la sitja amb les capçaleres. Es considera que és un procés que queda fora de la interacció de capçalera amb sistema de transport, objecte d'aquest projecte, i que amb les tecnologies actuals no seria un coll d'ampolla del sistema.

Un altre exercici que es creu necessari és elaborar una taula on es recullin els temps d'inici i

final de cada procés, així com les relacions condicionants que s'han de complir entre processos per tal que el conjunt de processos estiguin en sintonia.

Procés		Instant inicial [s]	Instant final [s]	Condicionants
1	Entrada + posicionat Camió 1	0,00	52,80	
2	Entrada + posicionat Camió 2	18,00	52,80	Finalització en el mateix moment que el procés 1
3	Entrada + posicionat Camió 3	36,00	52,80	Finalització en el mateix moment que el procés 1
4	Verificació de posició dels camions	52,80	72,80	Inici en acabar els processos 1, 2 i 3
5	Càrrega i descàrrega simultània	72,80	95,60	Inici en acabar el procés 4
6	Remolcat + sortida de magatzem Camió 1	95,60	117,10	Inici en acabar el procés 5
7	Remolcat + sortida de magatzem Camió 2	95,60	135,10	Inici en acabar el procés 5
8	Remolcat + sortida de magatzem Camió 3	95,60	153,10	Inici en acabar el procés 5
9	Preparació sortides platja 1	153,10	284,10	Inici en acabar els processos 6, 7 i 8
10	Canvi de platja grua pòrtic	284,1	311,40	Inici en acabar el procés 9
11	Preparació sortides platja 2	311,40	442,40	Inici en acabar el procés 10
12	Canvi de platja grua pòrtic	442,40	469,70	Inici en acabar el procés 11
13	Preparació sortides platja 3	469,70	600,70	Inici en acabar el procés 12

Taula 7. Instants d'inici, final i condicionants dels processos amb una grua pòrtic - Alternativa 1

A partir de les dades d'aquesta taula es creu adequada la seva materialització en un diagrama de Gantt per tal de fer-ne una visualització més entenedora.

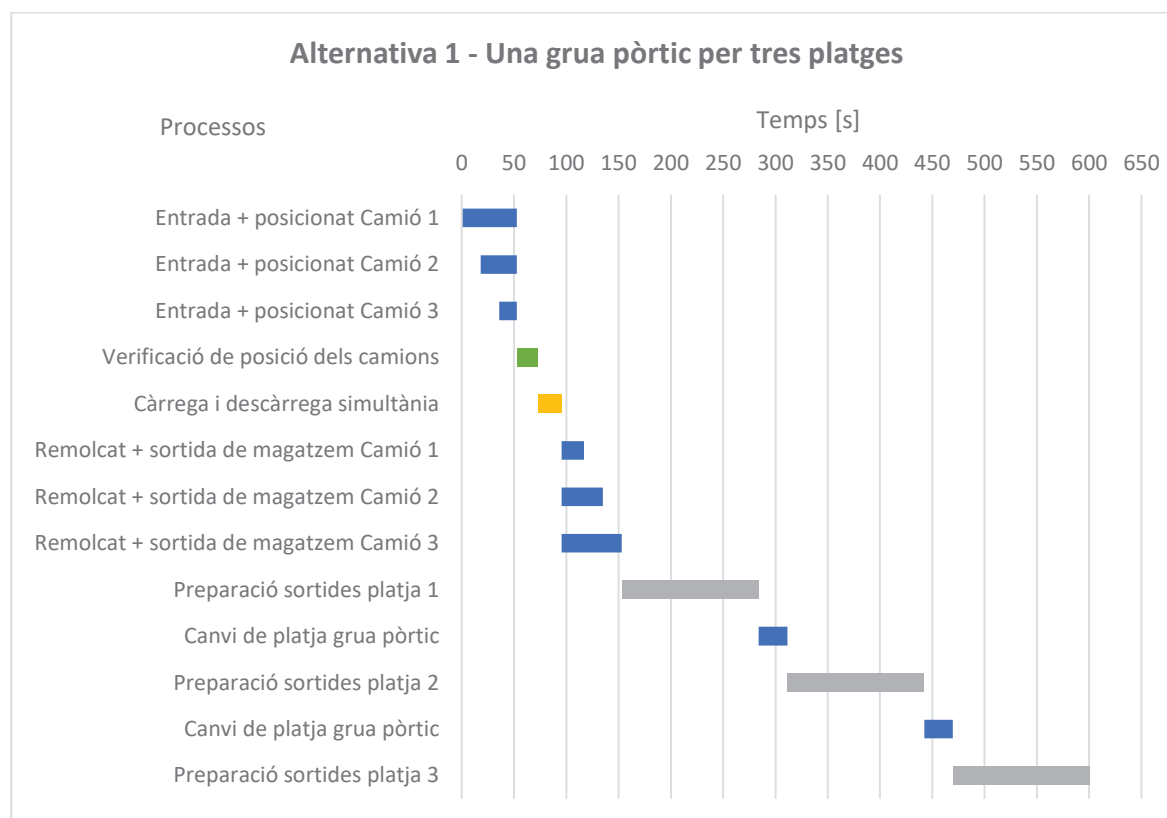


Figura 38. Diagrama de Gantt de l'alternativa 1, amb una grua pòrtic per les tres platges

Els colors corresponents als diferents processos responen al següent codi, que s'utilitzarà d'ara en endavant per la resta de Diagrames de Gantt:

Desplaçaments unitats de transport	
Verificacions i ajustaments	
Descàrrega i càrrega	
Preparació de mercaderia	

Figura 39. Codi de colors Diagrama de Gantt

Pel que fa a la segona opció plantejada, amb una grua pòrtic per cada platja, el resultats obtinguts són els següents:

	Procés	Temps de procés [s]	Temps acumulat [s]
1	Entrada + posicionat del sistema de transport	52,80	52,80
2	Verificació de posició + ajustaments	20	72,80
3	Descàrrega + càrrega (simultànies)	22,80	95,60
4	Sortida de sistema de transport del magatzem	57,50	153,10
5	Preparació següents sortides	131,00	284,10

Taula 8. Temps de procés amb una grua pòrtic per cada platja - Alternativa 1

En aquest cas s'obté una reducció de més de la meitat del temps, passant de 10 minuts gairebé exactes de temps de cicle a menys de 5, concretament a 4,74 minuts.

Pel que fa a l'estalvi de temps en preparació de sortides, en el primer cas suposava un total de 447,60 segons, contant les preparacions de cada platja i els canvis de platja necessaris. En aquest cas el temps es redueix a 131 segons, suposant un estalvi del 70,73% al poder fer la preparació de platges de forma simultània a les tres platges i estalviar el temps dels dos canvis de platja. Interpretat d'una altra manera, cal prendre com a referència que sobre el temps base de 131 segons s'incrementarà un 120,84% aquest temps per cada platja addicional que s'hagi de servir, als sumar-se de nou el temps de preparació i el corresponent a un canvi de platja.

Per tant, resulta interessant que en cas que s'hagi d'aplicar aquest sistema es valori què pesa més, si el temps de procés o la inversió en maquinària i manteniment a realitzar.

Igual que en l'opció anterior amb una sola grua pòrtic, no es consideren el temps d'interacció entre capçalera i sitja pels mateixos arguments.

De nou, també resulta interessant fer la taula amb els instants d'inici i final de procés i els seus condicionants, per posteriorment elaborar un diagrama de Gantt.

Procés		Instant inicial [s]	Instant final [s]	Condicionants
1	Entrada + posicionat Camió 1	0,00	52,80	
2	Entrada + posicionat Camió 2	18,00	52,80	Finalització en el mateix moment que el procés 1
3	Entrada + posicionat Camió 3	36,00	52,80	Finalització en el mateix moment que el procés 1
4	Verificació de posició dels camions	52,80	72,80	Inici en acabar els processos 1, 2 i 3
5	Càrrega i descàrrega simultània	72,80	95,60	Inici en acabar el procés 4
6	Remolcat + sortida de magatzem Camió 1	95,60	117,10	Inici en acabar el procés 5
7	Remolcat + sortida de magatzem Camió 2	95,60	135,10	Inici en acabar el procés 5
8	Remolcat + sortida de magatzem Camió 3	95,60	153,10	Inici en acabar el procés 5
9	Preparació sortides	153,10	284,10	Inici en acabar els processos 6, 7 i 8

Taula 9. Instants d'inici, final i condicionants dels processos amb una grua pòrtic per cada platja - Alternativa 1

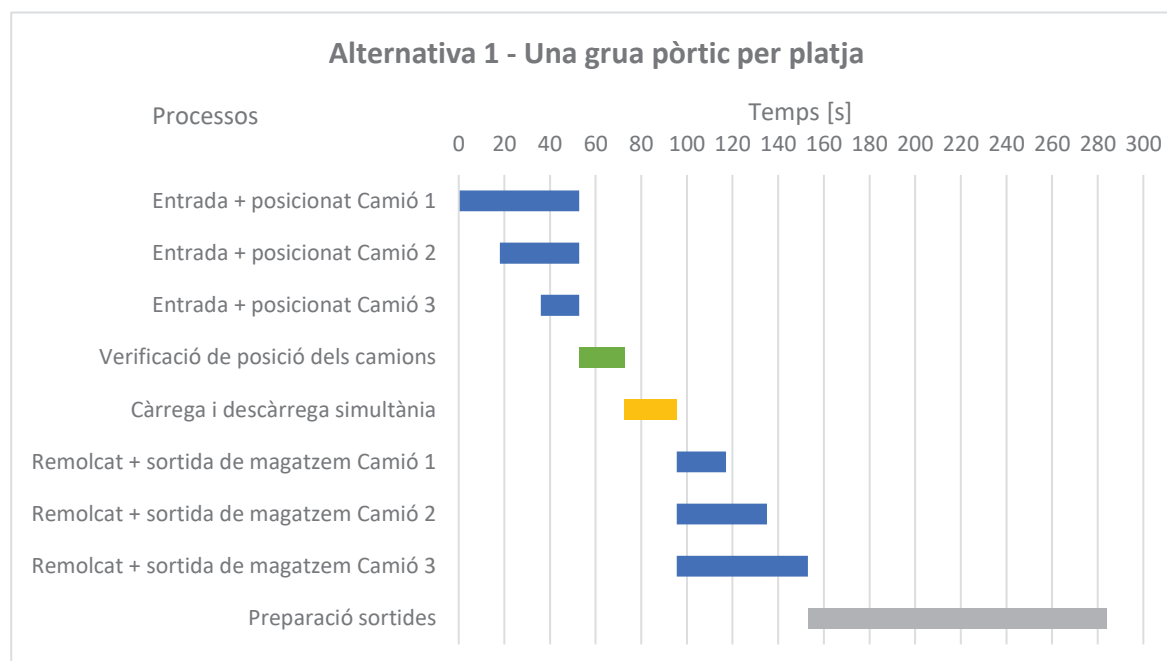


Figura 40. Diagrama de Gantt de l'alternativa 1, amb una grua pòrtic per cada platja

7.1.3.3. Oportunitats i amenaces

Com a sistema nou que és hi ha diverses variables que poden millorar o empitjorar el funcionament global del sistema de manera accentuada.

Una primera variable que pot girar per complet la manera d'operar és la possibilitat de fer el transport en alçada entre capçaleres mentre s'està produint la interacció entre capçalera i sistema de transport. El sistema de grues pòrtic és independent al sistema de descàrrega i càrrega automatitzada, pel que no hi ha impediments tècnic perquè ambdós processos es desenvolupin simultàniament. L'únic impediment és el de seguretat, i al igual que mentre un elevador retràctil interactua amb les estanteries està prohibit l'apropament de qualsevol persona al voltant de la màquina per una possible caiguda de material, no és viable des del punt de vista de la seguretat que es transportin les plataformes esclaves per sobre dels camions.

Malgrat això, en cas que s'incorporés algun sistema de retenció per la caiguda d'objectes que fos suficientment resistent com per contenir la caiguda de la plataforma i que el camió no patís cap afectació, s'aconseguiria una millora notable i que es pot quantificar fàcilment. En els dos casos estudiats, la preparació de sortides es podria iniciar en el mateix instant que comença l'entrada del comboi al magatzem, per tant, canviaria el condicionant imposat.

Pel cas d'una sola grua pòrtic, s'avançaria el procés en 153,10 segons, el que significa que el temps final de cicle seria de:

$$600.70 - 153.10 = 447.60 \text{ s} = 7.46 \text{ min} \quad (\text{Eq. 11})$$

Per tant, s'aconseguiria un estalvi de 2,5 minuts per cicle aproximadament.

En el cas de d'una grua pòrtic per cada platja, el procés de preparació de sortides avançaria la mateixa quantitat de temps, resultant el temps de cicle en:

$$284.10 - 153.10 = 131 \text{ s} < 153.10 \text{ s} \text{ (sortida magatzem camió 3)} \quad (\text{Eq. 12})$$

Com es pot observar, el procés de preparació de sortides finalitzaria abans que la sortida de l'últim camió del magatzem, deixant de ser el procés coll d'ampolla del cicle.

Una altra oportunitat d'aquest sistema és l'optimització de velocitats. Un cop implementat el sistema es podria avaluar el nivell de seguretat que s'està prenent i veure si realment es pot buscar un punt més de velocitat o d'acceleració en els diferents processos. Malgrat això, també és cert que l'optimització de velocitats no oferiria cap gran salt en quan al temps final de cicle, però sí que podria suposar una inversió important en quan a equipaments amb les especificacions necessàries.

Pel que fa a les amenaces del sistema, ara per ara la més important és la de l'equipament. Tot i haver maquinària al mercat que s'adapta a la perfecció a l'ús que se li vol donar, ben cert és que requeriria de modificacions per tal d'acoblar-se a les dimensions i a les mesures de seguretat requerides a l'interior d'un magatzem.

Una altra amenaça, que serà comuna tant en aquesta alternativa com en la propera, és la falta d'acceptació d'aquesta solució. Cal remarcar que es tracta d'un sistema nou i que per tant requeriria d'un primer grup d'empreses que hi confiessin i apostessin per ell com a millor solució per les seves necessitats, i a partir d'aquí es pogués estendre. També és cert que a mitjans dels anys 50 del segle passat, quan es va proposar la idea del contenidor hi va haver moltes crítiques negatives però a dia d'avui no s'entén el món del transport sense ell.

7.2. Alternativa 2: Càrrega i descàrrega no simultània per un sol lateral del semiremolc

Representa l'alternativa més moderada en quan a les conseqüències que implica el canvi de sistema de càrrega i descàrrega. En aquest cas, la interacció de la capçalera amb el camió no es fa a l'interior del magatzem, sinó que és a través d'una de les parets com el sistema convencional, però en comptes de la càrrega i descàrrega per la part posterior del semiremolc, aquesta és a través d'un lateral.

Per tal de fer-ho possible, es farà primerament la descàrrega en una capçalera de platges destinada únicament a aquest fi, i posteriorment se'n farà la càrrega en una altra.

7.2.1. Disposició física i d'equipament del sistema de capçaleres – Alternativa 2

En aquest cas el magatzem no necessita de tan equipament com en l'alternativa anterior ja que la solució adoptada és més senzilla.

La disposició del magatzem serà molt més convencional, amb una zona de recepcions i expedicions separades que ocuparan una cara lateral del magatzem. En aquest lateral es

presentaran obertures de la dimensió d'una cara lateral de semiremolt, a través de les quals es podrà dur a terme la interacció.

Serà necessari, igual que en l'alternativa anterior, instal·lar un sistema de guiat de camions amb sistema motoritzat, amb una guia que arrossegarà el camió i l'estacionarà al lloc just per poder completar primerament la descàrrega i posteriorment la càrrega, ambdues automatitzades. La diferència de l'alternativa anterior és que en aquesta ocasió el camió no ha d'entrar a l'interior del magatzem en cap moment, per tant, el guiat és exterior, paral·lel a la paret lateral on hi ha les capçaleres de càrrega i descàrrega.

A cada platja, tant es tracti d'una de descàrrega com de càrrega, s'haurà d'instal·lar el sistema de forquilles extensibles ja presentant anteriorment, que serà l'encarregat de dur a terme aquestes accions de forma automatitzada.

Un altre estalvi respecte de l'alternativa anterior serà la zona d'espera de plataformes a la capçalera de descàrregues de mentre no es transporten en alçada a l'altra capçalera. Al no haver canvi de capçalera no és necessari habilitar aquest espai i es permet que les platges preguin una disposició més compacta que en el cas anterior passant dels 25 als 18 metres. Les dimensions de cada platja es poden observar en la següent figura

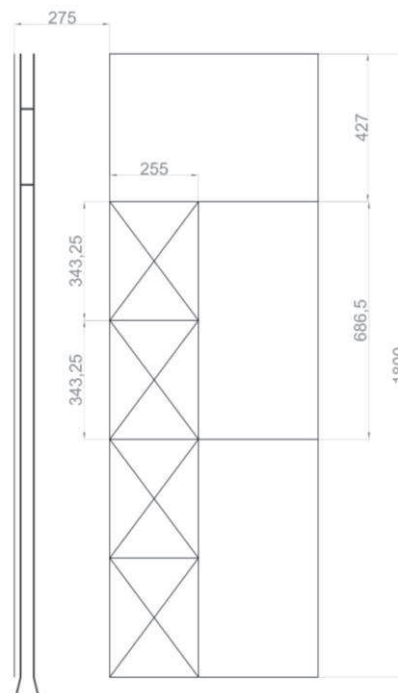


Figura 41. Disposició i dimensions d'una platja de l'alternativa 2

També com a l'alternativa anterior, la connexió entre capçaleres i sitja es realitzarà a través de cintes transportadores de corròs i cadenes, prenent la configuració que s'aprecia a la següent figura. En aquest cas no és necessari que la cinta recorri tota la longitud del magatzem, ja que es divideix en dues unitats de dedicació exclusiva a la capçalera on estan instal·lades.

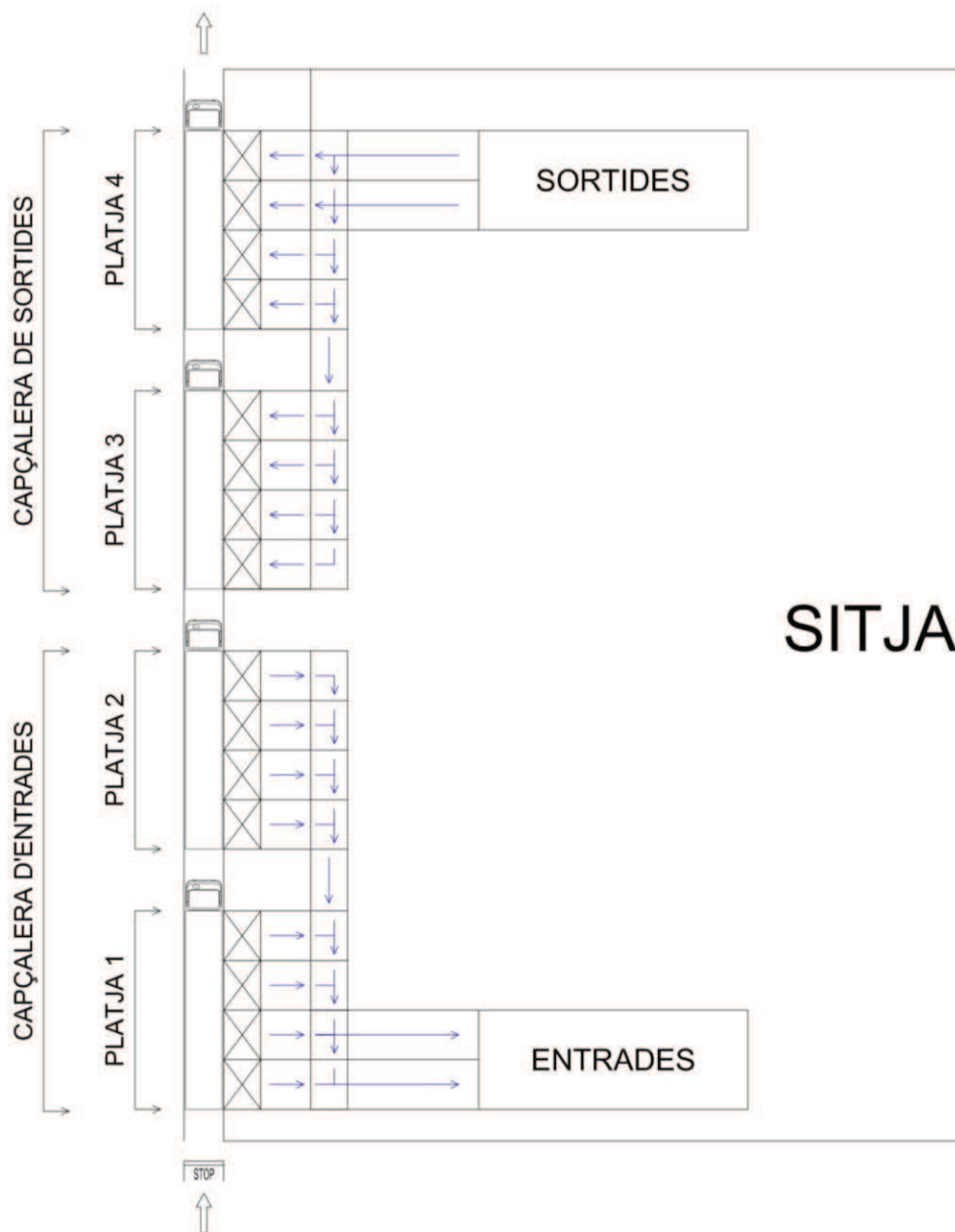


Figura 42. Croquis il·lustratiu amb moviments de plataformes esclaves possibles

7.2.2. Desenvolupament del sistema de càrrega i descàrrega – Alternativa 2

Es pren com a base de treball per poder explicar el sistema el croquis mostrat, amb quatre platges repartides en dues corresponent a la capçalera de descàrregues i les altres dues a la de càrregues.

El sistema, igual que en el cas de la primera alternativa, també es basarà en l'entrada de combois a la guia motoritzada que mobilitza els camions, tot i que adaptat a la necessitat de fer dues parades per camió, una a la platja de descàrregues i una a la de càrregues.

Per tal de poder fer efectiu aquest sistema, en tot moment hi haurà dos combois interactuant amb el magatzem: un primer comboi estarà situat en una de les dues capçaleres, format per dos camions, i el segon a l'altra capçalera, format per dos camions més. Quan un comboi entri a la guia farà una primera parada a la capçalera de descàrregues. Un cop completada l'acció, avançarà cap a la capçalera de càrrega, alhora que el comboi anterior l'abandona i el comboi següent entra per ocupar les posicions on estaven a la primera capçalera. Un cop carregat, el comboi abandona la guia, completant la descàrrega i càrrega amb dos temps.

Primerament, quan el transportista arriba a les instal·lacions se li indica a quina hora té programada l'entrada al magatzem, se li dona una número de referència de quin és el seu comboi i se li indica quina posició de les dues possibles ocuparà.

Un cop el comboi immediatament anterior entra a la guia remolcadora, gràcies a un sistema de megafonia i de pantalles s'indica quin es comboi que entrarà següent i es recorda en quin ordre, assenyalant la primera i segona posició fent referència a la matrícula de cada camió. D'aquest manera, els transportistes poden anar-se col·locant davant del punt d'accés en l'ordre indicat.

Un cop que el comboi anterior ($n-1$) està llest per avançar cap al procés de càrrega i el comboi dos cops anterior ($n-2$) està llest per abandonar les instal·lacions, un semàfor en verd amb la matrícula del primer camió (del comboi n) li indica que pot entrar al passadís alhora que la guia motoritzada avança. Un sistema de càmeres i pantalles ajuden al camioner a introduir adequadament les rodes del camió dintre de la guia del passadís. Un cop ben posicionat, aquest deixa el camió en punt mort, sense el fre d'estacionament i apaga el motor. A partir d'aquest moment la guia motoritzada estirarà del camió fins deixar-lo a la posició exacte de càrrega i descàrrega.

Després que el primer camió hagi entrat, apareixerà un semàfor en vermell a la porta d'entrada amb la matrícula del segon camió. Tan bon punt hagi deixat l'espai necessari per tal que els dos camions quedin posicionats cada un a la seva platja, el semàfor es posarà en verd i es repetirà l'acció fet pel primer, posicionant el camió dins de la guia motoritzada. Un cop completada l'acció de posicionat a la guia del segon camió, el semàfor es posarà en vermell i s'iniciarà de nou el cicle avisant al següent comboi.

Un cop iniciada la maniobra de remolcat per part de la guia motoritzada, aquesta posicionarà els camions al punt adequat per poder fer la descàrrega i un sistema de falca situat al costat contrari del carril que la guia motoritzada s'encarregarà de frenar el camió de la inèrcia adquirida en l'avanç de la guia i assegurar que es mantindrà immòbil durant el procés de descàrrega i càrrega. A cada platja es podran fer petits ajustament per tal de deixar el semiremolc en la posició exacte per completar la descàrrega o càrrega automatitzada segons correspongui.

Quan el semiremolc estigui ben posicionat, el sistema de forquilles extensibles actuarà sobre la mercaderia que portava el camió extraient-la cap al costat dret del semiremolc, completant d'aquesta manera la descàrrega. Seguidament, la mercaderia entrada abandona ràpidament la capçalera pels sistemes de corrons i cadenes per deixar l'espai lliure de cara a la següent descàrrega.

Tan bon punt s'hagi completat la descàrrega del dos camions i s'hagi verificat que els altres dos de la capçalera de sortides estan llestos per seguir avançant, la guia motoritzada es posarà de nou en marxa per remolcar els camions fins a la capçalera de sortides, alhora que treu de la guia el comboi anterior ($n-1$) i fa entrar el comboi següent ($n+1$). Un cop els camions estiguin posicionats, de nou es verificarà que estan ben alineats amb el sistema de forquilles extensibles, si cal se'n farà l'ajust i es procedirà a la càrrega de la mercaderia, de nou, amb el sistema de forquilles, fent entrar les plataformes esclaves per la part dreta del semiremolc.

Completada la càrrega i un cop s'hagi verificat que el transport està llest per seguir avançant, la guia motoritzada es posarà de nou en marxa per treure els camions del sistema de guiatge. Quan aquests arriben al final, una pantalla els hi indica que ja poden arrencar i estacionar en una zona habilitada pel plomat del camió. Aquesta zona disposarà de diverses places on aturar el camió, agrupades de dues en dues, que disposaran d'una pantalla amb el mateix

número de referència de comboi que s'havia donat inicialment per tal que els dos transport estacionin en aquell parell de places per procedir amb els tràmits burocràtics.

Un cop allà, l'operari o operària encarregat de fer el plomat i lliurar la documentació de transport s'aproparà per completar ambdues accions dels dos camions i els transportistes ja podran abandonar les instal·lacions.

7.2.3. Gestió del sistema de càrrega i descàrrega – Alternativa 2

Vist com es desenvoluparia la càrrega i descàrrega des d'un punt de vista en contacte directe amb el sistema de transport, ara és moment de veure la gestió com a tal que n'haurà de fer el propi magatzem, veient els processos de preparació de platges entre comboi i comboi i les verificacions necessàries per tal d'assegurar que les operacions es realitzen de forma segura.

7.2.3.1. Desglossament i descripció de processos

Igual que en l'alternativa anterior, s'enumeraren els diferents processos que s'han de dur a terme per tal de completar satisfactòriament la descàrrega i càrrega del semiremolc. De nou, s'ordenen cronològicament i es pren com a instant el zero el moment d'entrada d'un comboi a la guia remolcadora.

- 1) *Verificació de posició dels semiremolcs en descàrrega:* un cop aquests ja hagin arribat a la seva posició final de descàrrega s'haurà de verificar el correcte posicionat del semiremolc tant en alçada de plataforma de semiremolc com en posicionat longitudinal en el passadís. Un cop fet els ajustament necessaris es podrà iniciar la següent operació.

Igual que s'ha explicat anteriorment, s'entén que la realització d'aquest procés no genera cap inconvenient en el desenvolupament del projecte.

- 2) *Descàrrega dels semiremolcs:* un cop els dos semiremolcs estan ben posicionats es pot procedir a la descàrrega automatitzada amb el sistema de forquilles extensibles. Les plataformes descarregades queden posicionades al costat del passadís.

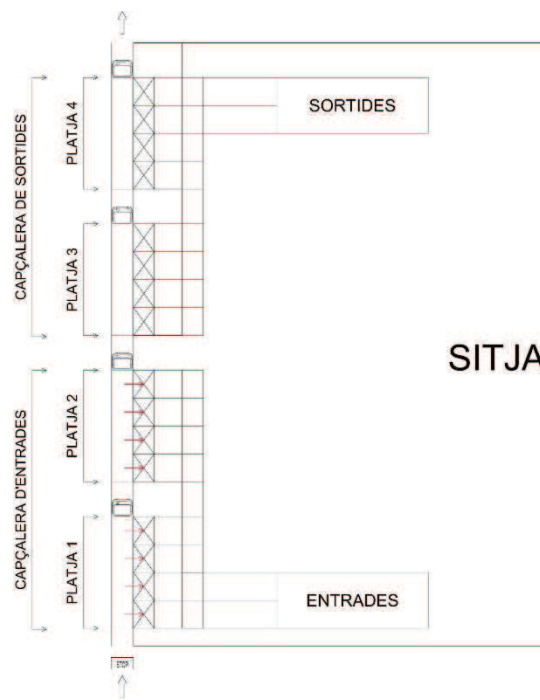


Figura 43. Procés 2 - Alternativa 2

- 3) *Retirada de les entrades*: un cop les plataformes esclaves estiguin descarregades, el conjunts camió i semiremolc avancen cap a la capçalera de sortides mentre que a la d'entrades es transporten cap a la sitja les plataformes rebudes. D'aquesta manera es deixen les platges lliures per l'entrada a descarregar del següent comboi.

En aquest moment, i gràcies de nou al sistema de cadenes i corròns, les plataformes avancen en la mateixa direcció que han estat descarregades fins arribar a la cinta que recorre tota la capçalera de forma paral·lela al passadís per on avancen els camions, s'incorporen a ella i avancen fins al punt de recollida de les entrades de la sitja pel seu processat.

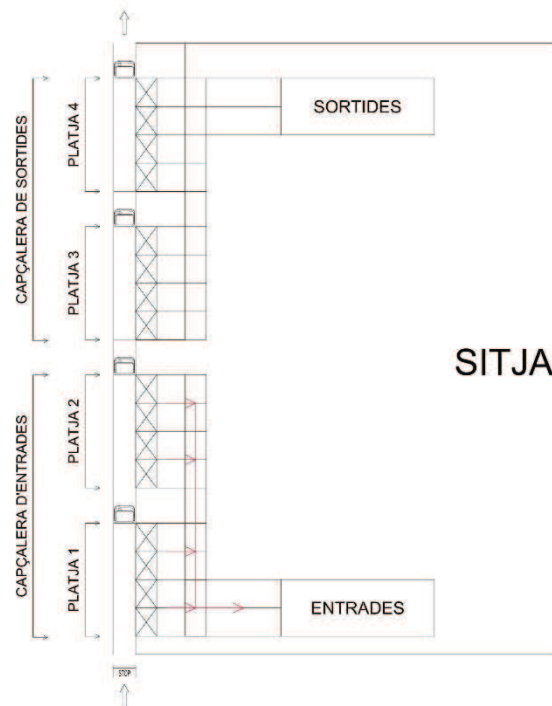


Figura 44. Procés 3 - Alternativa 2

- 4) *Preparació de les sortides:* mentre camions i semiremolcs avancen cap a les platges d'entrades, els sistema de cadenes i corrons abasteix a aquestes de les plataformes de les següents sortides.

Aquesta acció es completa de forma simultània al procés anterior, ja que són processos independents i no hi ha incompatibilitats en l'ús dels equipaments necessaris, donat que també són independents tot i ser iguals.

En aquest cas, la lògica del procés és la mateixa que en l'anterior però completant el recorregut en sentit contrari. Això significa que les plataformes surten des del punt de preparació de la sitja, avancen fins la cinta principal paral·lela a les platges de les capçaleres i es desvien al punt de càrrega corresponent a cada una de forma individual fins a posicionar-se al costat del passadís de remolcat de camions, ja en posició adequada per l'entrada en funcionament del sistema de forquilles extensibles.

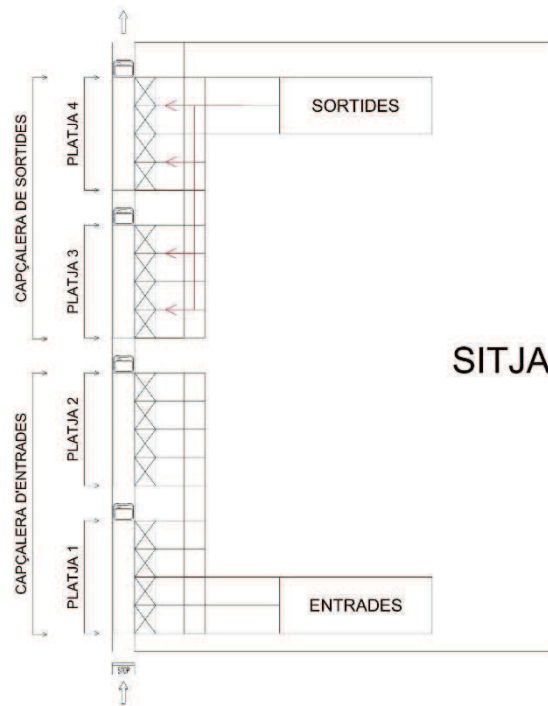


Figura 45. Procés 4 - Alternativa 2

- 5) *Verificació de posició dels semiremolcs en càrrega:* amb la mateixa operativa que el primer procés, ara la verificació es realitza a les platges de càrrega.
- 6) *Càrrega dels semiremolcs:* amb la verificació realitzada i havent fet els ajustament necessaris en cas que es requerissin, el sistema de forquilles extensibles completa la càrrega del semiremolc. Un cop aquesta finalitza el comboi ja pot seguir avançant per la guia remolcadora del passadís fins a sortir del mateix.

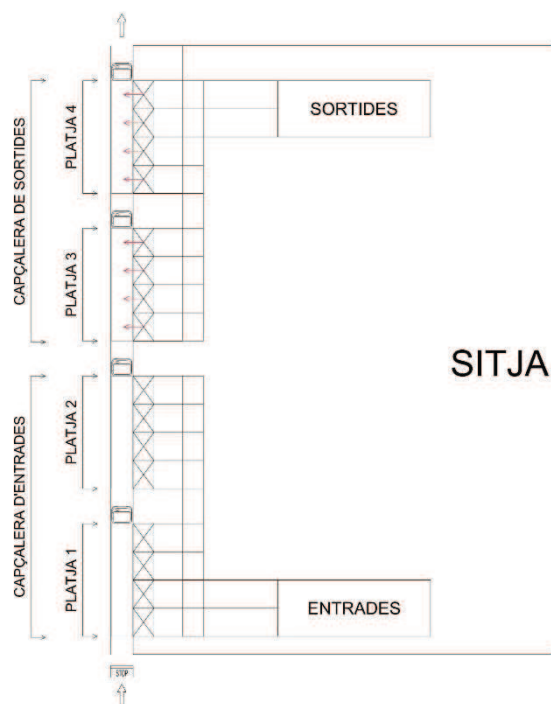


Figura 46. Procés 6 - Alternativa 2

Un cop completats els sis processos, els camions i semiremolcs abandonen el passadís, procedeixen al plomat i entrega de documentació i ja poden abandonar les instal·lacions rumb al seu destí.

7.2.3.2. Estudi de temps d'operació

Tal com s'ha fet en l'alternativa anterior, és moment de veure els temps d'operació que presenta aquesta segona alternativa. Primerament, es mostren els temps de procés:

Procés		Temps de procés [s]	Temps acumulat [s]
1	Entrada + posicionat del sistema de transport	30,50	30,50
2	Verificació de posició + ajustaments	20,00	50,50
3	Descàrrega	22,80	73,30
4	Canvi de capçalera	32,90	106,20
5	Verificació de posició + ajustaments	20,00	126,20
6	Càrrega	22,80	149,00
7	Sortida de sistema de transport del magatzem	32,90	181,90

Taula 10. Temps de procés - Alternativa 2

El temps obtingut es presenta com a molt competitiu d'inici, suposant poc més de 3 minuts per completar tot el cicle d'un comboi.

Amb el mateix raonament que s'ha fet en la primera alternativa, no es consideren els temps necessaris d'interacció entre capçaleres i sitja pel sistema de cadenes i corrons.

De nou, s'elabora una taula amb els instants d'inici i final de cada procés i els seus condicionants. Posteriorment es materialitzarà en un diagrama de Gantt.

Procés		Instant inicial [s]	Instant final [s]	Condicionants
1	Entrada + posicionat Camió 1	0,00	30,50	
2	Entrada + posicionat Camió 2	13,70	30,50	Finalització en el mateix moment que el procés 1
3	Verificació de posició + ajustaments	30,50	50,50	Inici en acabar els processos 1 i 2
4	Descàrrega	50,50	73,30	Inici en acabar el procés 3
5	Canvi de capçalera Camió 1	73,30	106,20	Inici en acabar el procés 4
6	Canvi de capçalera Camió 2	73,30	106,20	Inici en acabar el procés 4
7	Verificació de posició + ajustaments	106,20	126,20	Inici en acabar els processos 4 i 5
8	Càrrega	126,20	149,00	Inici en acabar el procés 7
9	Remolcat + sortida de magatzem Camió 1	149,00	165,50	Inici en acabar el procés 8
10	Remolcat + sortida de magatzem Camió 2	149,00	181,90	Inici en acabar el procés 8

Taula 11. Instants d'inici, final i condicionants dels processos - Alternativa 2

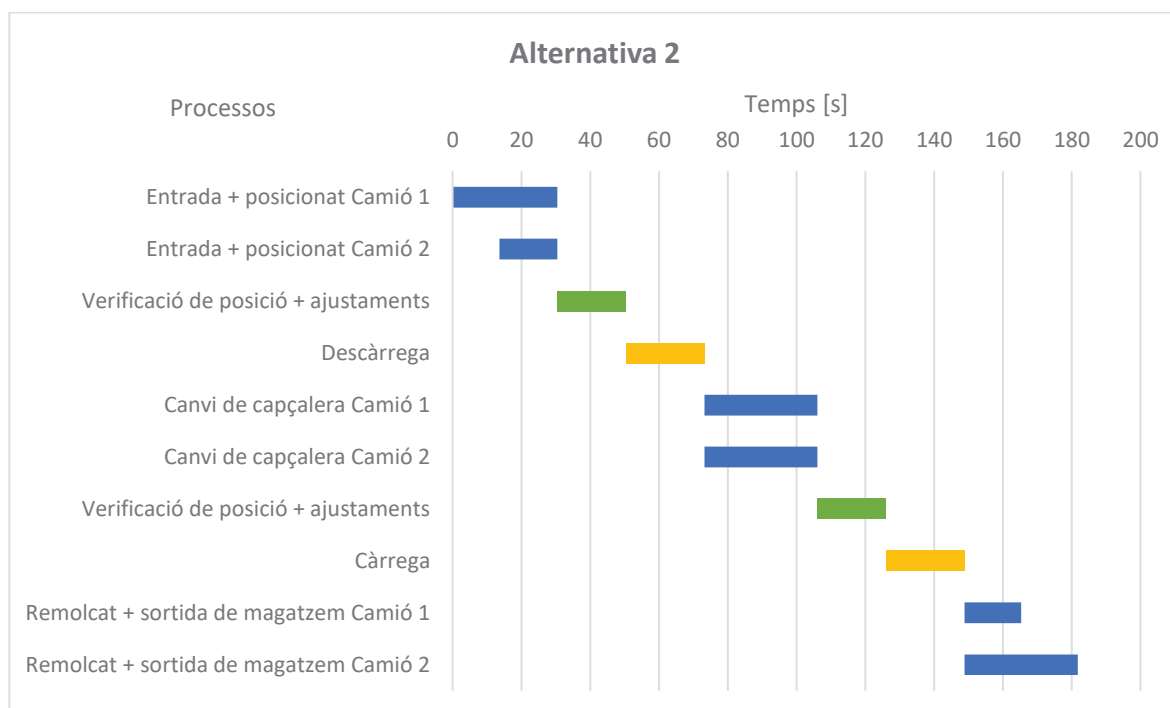


Figura 47. Diagrama de Gantt de l'alternativa 2

El codi de colors respon al mateix que plantejat anteriorment, concretament a la Figura 39, pàgina 60.

7.2.3.3. Oportunitats i amenaces

Pel que fa a les oportunitats d'aquest sistema, que no suposa un canvi tant radical com en l'alternativa 1, en destaquen un parell principalment.

La primera, igual que en l'alternativa anterior, és la d'optimització de velocitats i acceleracions d'execució de processos, aconseguint millorar una temps de cicle que ja de per si es presenta competitiu. Tot i així es repeteix el mencionat anteriorment, que és que aquestes petites millores de velocitat i acceleració poden implicar pocs beneficis en quant a guany de temps i grans inversions necessàries en equipament amb les especificacions suficients.

L'altra oportunitat és que de cara a la seva implementació no es necessita de l'adaptació de tant equipament ni d'un canvi radical en el plantejament del mapa de magatzem. Aquest factor pot ser decisiu de cara empreses no disposades a fer una inversió tant elevada en maquinària i adaptació de l'espai.

Pel que fa a les amenaces, primerament destacar la de l'acceptació ja mencionada en

l'alternativa anterior. Tot i semblar contradictori amb l'oportunitat d'implementació que s'ha dit anteriorment, s'entén la oportunitat en el sentit de la facilitat d'implementació del sistema en un magatzem mentre que l'amenaça està en el rebuig del públic per una nova metodologia de funcionament.

Com a altra amenaça destacar que aquesta alternativa requereix d'una major coordinació entre el sistema i els camions en espera ja que es tracta d'un flux continu on conviuen diferents cicles, no com passava en la primera alternativa que s'anava cicle a cicle. Això significa que mentre un comboi està dintre del cicle un altre l'acaba i l'altre el comença. En cas que no s'aconsegueixi la correcta alineació entre el sistema automatitzat i la preparació del combois en espera fora del sistema es podrien donar "combois buits", resultat de la falta de preparació en l'instant requerit. En la primera alternativa és més complex que s'arribés a aquesta situació, ja que si en acabar un cicle els camions del següent comboi no estiguessin preparats es podria forçar un temps mort entre cicles consecutius.

7.3. Comparació entre alternatives

És moment de valorar quins són els punts forts i dèbils de les dues alternatives plantejades posant-les cara a cara. Per facilitar aquestes tasca es valorarà cada un dels subapartats un per un.

7.3.1. Disposició física i d'equipaments

En aquest primer aspecte les diferències són més que evidents tant des del punt de vista de la disposició del magatzem com en l'equipament necessari per dur a terme l'activitat.

Primerament, pel que fa a la primera alternativa, de càrrega i descàrrega simultània del semiremolc, cal una important adaptació de l'espai interior del magatzem per poder allotjar el passadís de càrrega i descàrrega per on circularan els camions. En aquest sentit, resulta una opció raonable en cas de construcció des de zero del magatzem, ja que l'adaptació requerida d'algun ja existent seria costosa degut a la necessitat de fer el passadís i adaptar l'espai a la maquinària que s'hi instal·laria.

Pel que fa a la segona alternativa, aquesta presenta una disposició de magatzem molt més

convencional, podent adoptar aquesta alternativa en un magatzem convencional de forma raonablement fàcil. Més enllà de la preparació per l'equipament que s'hi instal·laria, l'única gran obra que s'hauria de dur a terme seria la de l'adaptació de les portes dels molls de càrrega i descàrrega, creant obertures més grans que coincideixin amb el lateral del semiremolc que s'ha d'interactuar.

Pel que fa a equipament les diferències també s'accentuen. La primera alternativa requereix d'una grua pòrtic per poder salvar en alçada la barrera física que representa el passadís de càrrega i descàrrega mentre que la segona pot passar sense cap equipament d'aquest estil. Aquesta diferència s'accentua encara més en cas de necessitar equipar més d'una grua pòrtic.

Pel que fa als sistemes de cadenes i corrons que connecten sitja i capçaleres, són comuns en ambdues alternatives i tan sols varien les seves configuracions finals per tal d'adaptar-se al mode d'explotació de cada un.

Finalment, tant pel que fa al sistema de forquilles extensibles per a la càrrega i descàrrega automatitzada així com per la guia motoritzada que remolca els camions pel passadís de càrrega i descàrrega, cap dels dos presenta diferències d'una a altra alternativa.

7.3.2. Desenvolupament del sistema de càrrega i descàrrega

Pel que fa al desenvolupament de la càrrega i descàrrega des del punt de vista del sistema de transport, la diferència està en que en una alternativa només cal fer una parada dintre del magatzem (càrrega i descàrrega simultània) mentre que en l'altra se n'han de fer dues (descàrrega en primera instància i càrrega posteriorment). Des del punt de vista de la complexitat pel responsable del transport, al tractar-se de processos automatitzats no li suposa cap maldecap aquesta diferència, ja que no és partícip dels processos que s'estiguin desenvolupant en el seu semiremolc.

L'única diferència que si cal destacar és que l'entrada en el sistema dels conjunts camió i semiremolc és més crítica en la segona alternativa que en la primera. Això es deu a que en la segona alternativa es treballa de forma contínua, convivint dos combois sempre en el sistema, de tal manera que en abandonar un el sistema un altre ja hi està entrant mentre un es troba a la meitat del seu cicle. Això suposa que el sistema de transport entrant ha d'estar preparat en el moment adequat ja que un error seu implica afectacions tant en el propi comboi com en els dos anteriors que encara estan en el sistema (en el moment de canvi de capçalera conviuen tres combois: un està abandonant el magatzem, l'altre està fent el canvi de capçalera i l'últim està entrant al procés). Per altra banda, la primera alternativa treballa amb cicle únic, pel que fins que un cicle no està acabat no pot començar el següent. Aquest funcionament genera el

benefici que en cas de falta de preparació d'un comboi per la seva entrada al sistema, en cap cas un comboi anterior rebrà afectacions.

7.3.3. Gestió del sistema de càrrega i descàrrega

En aquest aspecte les principals diferències són que en la primera alternativa s'ha de gestionar el procés de canvi de capçalera del sistema de transport, inexistent en la segona, mentre que a la segona s'ha de fer una doble interacció amb el semiremolc mentre que en la primera només una.

Aquestes diferències provoquen que les alternatives presentin punts forts i dèbils diferents, que la millor manera d'apreciar és en base a la comparació de certs temps d'execució.

Primerament, cal destacar que les diferències en temps de cicle d'una alternativa a l'altre són més que notables. Per una banda, en el millor dels casos el temps de cicle de l'alternativa 1 és de 284,10 segons, amb una grua pòrtic per cada platja, mentre que en l'alternativa 2 aquest temps és queda en 181,90 segons. Això suposa que la primera respecte la segona representa un 56% de temps addicional.

En cas que la configuració de la primera alternativa fos la de més d'una platja a servir per cada grua pòrtic, aquestes diferències s'accentuen ràpidament. En el cas de la configuració d'una grua per tres platges l'increment de temps se situa en el 230%.

Vistes aquestes xifres es podria arribar a pensar que la implementació de la primera alternativa no té cap sentit, però és necessari fer un altre exercici de comparació de temps. Oblidant per un moment el temps de cicle d'una i altra alternativa, cal avaluar el temps en sistema de cada unitat de transport. Pel que fa a la primera alternativa, els temps en sistema de cada un dels camions d'un cicle són els següents:

Unitat de transport	Instant inicial [s]	Instant final [s]	Temps en sistema [s]
Camión 1	0,00	117,10	117,10
Camión 2	18,00	135,10	117,10
Camión 3	36,00	153,10	117,10
Temps mitjà en sistema		117,10 s	

Taula 12. Temps en sistema d'unitats de transport - Alternativa 1

Ple que fa als referents a la segona alternativa es mostren a la següent taula:

Unitat de transport	Instant inicial [s]	Instant final [s]	Temps en sistema [s]
Camió 1	0,00	165,50	165,50
Camió 2	13,70	181,90	168,20
Temps mitjà en sistema		166,85 s	

Taula 13. Temps en sistema d'unitats de transport - Alternativa 2

Amb aquestes dades es pot observar l'avantatge de la primera alternativa sobre la segona, requerint de gairebé 50 segons menys per completar l'entrada, descàrrega, càrrega i sortida del magatzem. Aquest fet implica que tot i les semblances entre una i altra alternativa, la dependència entre processos fa que els colls d'ampolla dels sistemes siguin completament diferents.

Per poder apreciar aquest fet es fa un recull de temps segons el tipus de moviment que s'estigui efectuant en una i altra alternativa, tal com es mostra a la taula a continuació:

Tipus de procés	Alternativa 1		Alternativa 2	
	Temps invertit [s]	Percentatge sobre el total	Temps invertit [s]	Percentatge sobre el total
Desplaçaments unitats de transport	110,30	38,82%	96,30	52,94%
Verificacions i ajustaments	20,00	7,04%	40,00	21,99%
Descàrrega i càrrega	22,80	8,03%	45,60	25,07%
Preparació de mercaderia	131,00	46,11%	0,00	0,00%

Taula 14. Temps per tipus de procés

Tal com es pot apreciar, el gran coll d'ampolla de l'alternativa 1 està en la preparació de la mercaderia, suposant pràcticament la meitat del temps de cicle. Per tal de poder comparar la alternatives adequadament es creu necessari repetir la taula eliminant aquest procés, amb el fi de comparar amb igualtat de condicions.

Tipus de procés	Alternativa 1		Alternativa 2	
	<i>Temps invertit [s]</i>	<i>Percentatge sobre el total</i>	<i>Temps invertit [s]</i>	<i>Percentatge sobre el total</i>
Desplaçaments unitats de transport	110,30	72,04%	96,30	52,94%
Verificacions i ajustaments	20,00	13,06%	40,00	21,99%
Descàrrega i càrrega	22,80	14,89%	45,60	25,07%

Taula 15. Temps per tipus de procés modificat

Un cop repetida la taula s'aprecia l'avantatge de la primera en front de la segona en quan als processos de verificació i de càrrega i descàrrega, ja que els temps de l'una a l'altre es dupliquen en haver-se de fer fins a dues ocasions en el cas de la segona alternativa.

Per altra banda, els temps de desplaçament són els necessaris per tal de cobrir la distància necessària a recórrer, i tot i poder-se optimitzar amb l'ajust de velocitats i la compactació entre platges per minimitzar recorregut, no es poden considerar com a colls d'ampolla en cap de les dues alternatives.

Per tant, després d'aquest anàlisi es pot concloure que mentre el coll d'ampolla de la primera alternativa es troba en el procés de preparació de mercaderia per poder efectuar les sortides, en la segona alternativa el trobem en la reiteració dels processos d'interacció platja-semiremolc (descàrrega o càrrega) i en la verificació de posicions que implica.

Aquesta conclusió porta a fer una visió de la possible millora dels sistemes per tal de fer-los més òptims i competitius.

En el cas de la primera alternativa, tal com ja s'havia anticipat en el seu estudi individual, l'abast de millora més important està en arribar a poder combinar la preparació mentre s'efectua el procés de càrrega i descàrrega. Això vol dir implementar un sistema avalat per la seguretat necessària que permeti fer el canvi de capçalera mentre hi ha camions a l'interior del magatzem, el que vol dir que mentre s'està treballant en la càrrega i descarrega d'un comboi s'estan preparant simultàniament les sortides del següent, aconseguint un solapament entre processos que suposaria un canvi radical.

Tal com s'ha vist anteriorment, aquest canvi deixaria el temps de cicle en uns competitius

153,10 segons, que en front dels 181,90 segons de temps de cicle de l'alternativa 2 provoca un canvi de paradigma important al passar a ser l'opció més atractiva en quan a temps operacional.

Pel que fa al marge de millora de l'alternativa 2, resulta complex aconseguir una reducció de temps de cicle, ja que al poder interactuar per un sol lateral del semiremoc es requereix d'algun desplaçament per separar la càrrega de la descàrrega. És a dir, que amb el plantejament actual, un cop s'havia descarregat la mercaderia, era el semiremoc el que es desplaçava fins a la platja on la mercaderia de la càrrega l'esperava. Si es volgués mantindre immòbil el semiremoc, hauria de ser la platja la que fes algun tipus de desplaçament. Aquest no podria ser de la pròpia platja, sinó que el semiremoc hauria d'esperar mentre la mercaderia descarregada abandona el sistema de forquilles extensibles i s'hi col·loca el material a carregar.

A més, aquest procés hauria de presentar un temps d'operació inferior als 52,90 segons que representa el canvi de capçalera i la verificació de posició i ajustaments.

En cas d'aconseguir un sistema que completés aquesta operació de manera molt eficient, es podria arribar a treballar a l'entorn dels 40-45 segons d'estalvi, tot i la dificultat que això representa. Prenent aquesta hipòtesi com a bona, el temps de cicle es podria arribar a reduir fins als 140 segons aproximadament, fent encara més interessant la disputa per veure quina de les dues alternatives resulta més competitiva en temps d'operació en aconseguir limitar la diferència entre els temps de cicle a l'entorn dels 10-15 segons.

8. Altres possibles aplicacions

Arribat aquest punt del projecte és necessari ampliar horitzons i veure fins on podria arribar l'aplicació d'aquest nou plantejament d'interacció entre sistema de transport i capçalera en altres situacions.

El requisit indispensable que s'ha de complir per tal de fer viable la seva aplicació és el mateix que s'ha plantejat a l'inici del projecte, i és que s'ha de tractar d'activitats d'alt volum de mercaderia, on la necessitat d'estalvi de temps és vital ja que els processos de càrrega i descàrrega de mercaderia són importants colls d'ampolla. Només si es compleix aquesta condició és podrà justificar el replantejament i inversió necessaris per tal d'implementar la nova metodologia.

Vista aquesta condició, apareixen principalment dues aplicacions interessants. La primera d'elles correspon a l'aplicació en el *megatrucks*, que tot i ser transport terrestre igual que els semiremolcs tractats al llarg del projecte, la seva aparició fa relativament poc temps provoca que encara no se'n puguin veure masses per les carreteres. La segona seria l'aplicació en el transport ferroviari en algunes situacions concretes que tot seguit s'analitzaran.

8.1. Aplicació als *megatrucks*

Primerament és necessari fer una breu explicació de què és un *megatruck* i veure quines diferències respecte el semiremolc tipus utilitzat al projecte hi ha.

S'entén com a *megatruck* al camió articulat de dimensions més considerables que pot circular per Europa, amb una longitud màxima conjunta d'unitat tractora més semiremolcs de 25,25 metres [13]. Això suposa un pas endavant respecte els anteriors trens de carretera, que permetien una longitud màxima de fins a 18,75 metres però no s'utilitzaven degut a la poca avantatge competitiva respecte als conjunts amb un sol semiremolc de 16,50 metres tractats durant el projecte.



Figura 48. Primer megatruck en circular per Espanya. Font: diariomotor.com

Amb aquest salt de longitud s'aconsegueixen trens de carretera capaços de transportar fins a un màxim de 60 tones, plantejant aquest cop sí una alternativa atractiva respecte als conjunts de 16,50 metres.

Tal com es pot apreciar a la imatge anterior, els *megatrucks* estan compostos per la unitat tractora i dos semiremolcs independents. Alhora de procedir a la càrrega i descàrrega convencional, per la part posterior dels semiremolcs és quan apareix un dels punts dèbils, havent de posicionar primer el semiremolc posterior, desenganxar aquest del primer i posicionar aquest en un altre moll, ja que sinó seria impossible tindre accés per descarregar el primer semiremolc. Això implica que són dos els molls que es necessiten i que la interacció entre capçalera i sistema de transport no és immediata, ja que s'ha de descompondre el conjunt, completar-ne les accions de descàrrega i càrrega i finalment tornar-lo a la composició inicial amb el dos semiremolcs enganxats entre ells.

Vista aquesta problemàtica, és més que raonable pensar que qualsevol dels sistemes de càrrega i descàrrega plantejats suposaria un estalvi d'operacions i de temps alhora de completar les interaccions amb el magatzem. El *megatruck* en arribar procediria segons el funcionament de l'alternativa escollida, podent interactuar per la part lateral del semiremolcs **sense necessitat de descompondre el conjunt**.

Sens dubte, en el cas del *megatruck* el sistema de càrrega i descàrrega lateral pren encara més sentit que en els conjunts de 16,50 metres que s'acostumen a veure de forma majoritària per les carreteres.

Els estalvis de temps respecte al volum de mercaderia en recepció i expedició encara serien més destacables, ja que les maniobres de càrrega i descàrrega seguirien tenint els mateixos

temps d'operació degut a que es fan d'un sol moviment i només seria necessari major temps en quan a preparació de mercaderia a expedir i tractament de la mercaderia entrant al tenir un major volum.

8.2. Aplicació al transport ferroviari

Extrapolant a un nivell encara més elevat, el sistema de càrrega i descàrrega lateral acabaria prenent sentit en el transport ferroviari, que és el que es presenta més rígid en quan a flexibilitat de moviments per poder realitzar la càrrega i descàrrega.

En aquest cas el plantejament ja s'allunyaria del magatzem i prendria un altre dimensió, podent interactuar sobre, per exemple, contenidor marítims. La principal novetat seria que es prepararia la mercaderia sense la necessitat de tindre el tren in-situ.

La metodologia d'interacció consistiria en tindre unes andanes preparades amb el sistema de forquilles extensibles per la càrrega i descàrrega automatitzada, adequadament adaptades a la interacció amb contenidors. En aquest cas, l'alternativa que pren més sentit és la de càrrega i descàrrega simultània, ja que la longitud d'un tren és molt considerable i no seria raonable haver de disposar de dues vegades la longitud del tren per poder operar en ell.

Pel que fa al procediment, sense estar el tren a lloc es podrien preparar totes les expedicions a l'andana de sortides. El tren arribaria sobre les vies, enlloc del carril motoritzat dels camions, i estacionaria en la posició adequada. Un cop aquí es procediria d'igual forma que en els camions i un cop completades descàrrega i càrrega (o només una de les dues depenent del cas) el comboi ja estaria llest per prendre rumb cap al destí.

El sistema suposaria un canvi radical en quan a temps d'operació malgrat la gran inversió necessària que s'hauria de fer.

9. Impacte ambiental

Donada la naturalesa del projecte, el principal punt a valorar en referència a l'impacte ambiental es troba en l'increment de consum energètic que pot provocar l'automatització del procés de càrrega i descàrrega i d'altres processos dependents d'aquests.

En tot procés d'automatització es busca aconseguir l'eficiència energètica juntament amb l'eficiència operacional, ja que el conjunt de les dues seran les que desembocaran en costos d'explotació competitius. També és cert que els processos d'automatització acostumen a anar de la mà dels increments de treball realitzat. Tot i així, contant el mateix nombre d'operacions amb i sense automatitzar, és el sistema automatitzat el que acaba sent més rendible malgrat la inversió inicial necessària. Ara bé, parlar d'automatització sense increment de nivell d'activitat no és el context més habitual.

Entrant al detall de les dues grans alternatives plantejades en aquest projecte, ben cert és que des del punt de vista del consum energètic es presenta més interessant la que efectua els processos de càrrega i descàrrega separatament. En l'altre cas s'ha d'afegir a l'equipament la grua pòrtic que s'encarrega del canvi de capçalera de la mercaderia, procés innecessari en la primera alternativa i que per tant implicaria un augment substancial de consum energètic. Sense necessitat de fer més valoracions ja es pot afirmar que energèticament l'alternativa 2 treu avantatge respecte l'alternativa 1.

Aquest factor podria arribar a ser decisiu depenent del context on ens trobem. Primerament, en empreses amb marcat caràcter sostenible la segona alternativa prendria distància respecte la primera per un doble punt a favor: menor consum energètic i menor equipament necessari (partint de la base d'igualtat en la resta d'aspectes logístics).

Per altra banda, aquelles empreses on la consciència ambiental no hagi arribat als nivells desitjables però sí que tenen un marcat caràcter rigorós pel que fa a costos d'explotació, també els resultaria més atractiva la segona alternativa pel que fa a consum energètic.

Per tant, és clar que des del punt de vista del consum energètic pren avantatge la segona alternativa.

Un altre aspecte a valorar és la influència d'haver de mantenir les portes obertes dels molls en l'alternativa 2, degut a la càrrega i descàrrega constant dels sistemes de transport (fora del magatzem); o per contra, l'obertura de portes per l'entrada i sortida dels combois de l'alternativa primera, tan sols en els processos de desplaçament dels camions. En cas de trobar-nos en ambients de clima extern amb tendència extrema, que requereixin de la climatització interior del magatzem per poder dur a terme l'activitat de forma adequada,

l'alternativa dos passa a estar en desavantatge respecte la primera. Mentre en una s'hauria de mantenir les portes obertes gran part del temps, perdent l'eficiència energètica de la climatització, a l'altra seria en els moment d'entrada i sortida dels combois que s'haurien d'obrir, podent mantenir-les tancada en els processos de càrrega i descàrrega i de preparació de les sortides. La pèrdua d'aquesta eficiència s'acabaria reflectint en majors consums energètics, però cal deixar clar que seria només en el cas de climatització necessària, que no resulta habitual per la zona geogràfica propera a Barcelona i en grans magatzems de distribució com el que es planteja en el projecte.

També és necessari fer un comentari en matèria d'ocupació de l'espai del magatzem, ja que generalment l'automatització de processos va de la mà d'oferir una distribució d'equipaments compacta, que redueix l'espai necessari per poder dur a terme l'activitat en comparació a la distribució convencional i que per tant implica una reducció de costos (menor consum en il·luminació, manteniment, climatització si fos necessària, etc.). En el cas de les dues alternatives que s'estan plantejant, si bé és cert que són compactes en concepció, no suposen un canvi radical en comparació a un plantejament convencional. En el cas de la primera, amb la necessitat de pas del camió per dintre el magatzem, l'estalvi d'espai podria arribar a valors negatius, requerint d'algun metre quadrat més que un magatzem convencional. Pel que fa a la segona, segurament implicaria estalvi d'espai ja que és bastant més compacta que la primera al desplaçar el carril de càrrega i descàrrega a l'exterior del magatzem, però la necessitat del sistema de cadenes i corrons per la interacció entre sitja i capçaleres (igual que en la primera alternativa) requereix d'un espai considerable per tal de completar els moviments necessaris. Per tant, la poca reducció d'espai en el millor dels casos no resulta un canvi radical en quan a despeses d'explotació respecte un magatzem convencional.

Finalment, destacar que per la resta d'aspectes no hi ha diferències destacables entre un magatzem de funcionament convencional i el que s'està plantejant. Només afegir que de cara al consum de carburant i emissions d'òxids de nitrogen i diòxid de carboni dels camions, aquest és mantindria idèntic, ja que tot i resultar un procés en que el sistema de transport està en moviment el seu motor està parat i és remolcat per la guia motoritzada. Per tant, igual que en la càrrega i descàrrega convencional, durant el procés d'interacció amb la capçalera no s'emeten cap dels gasos citats. Malgrat això, és cert que en el sistema convencional no s'associa cap despesa energètica del magatzem per poder manipular el camió mentre que en aquest cas apareix la despesa energètica de la guia remolcadora.

10. Planejament temporal

És moment d'avaluar la planificació temporal que s'ha fet del projecte, veient la dedicació aproximada en cada part.

Per tal de poder fer el desglossament de forma adequada, es divideix el procés complet en quatre grans blocs: fase inicial, planificació, execució i defensa.

La fase inicial va consistir en entrevistar-me amb diferents tutors que podrien ser del meu interès per tal de poder intercanviar amb ells les meves inquietuds i veure quins punts en comú hi havia de cara a l'elaboració d'un projecte relacionat amb el camp que es dediquen cada un d'ells. Un cop fet aquest primer sondeig i prendre una decisió es va fer una reunió amb el tutor definitiu, en Francesc Xavier Gavalda, per fer una primera visió del que hauria de ser el projecte. Aquesta fase va suposar un total de 13 hores, corresponent a un 2,6% del projecte.

La segona fase, corresponent a la planificació del treball, va consistir en fer una primera recerca d'informació en funció de la visió plantejada amb el tutor per tal de poder elaborar un primer índex que servís de guia a l'hora d'encarar el projecte. Addicionalment també es va elaborar una planificació temporal basada en dates límits d'elaboració dels diferents apartats de l'índex. El total d'hores invertides queda en 12 hores, sent un 2,4% del projecte i representant un 5% acumulat.

La fase d'execució del projecte és la més significativa, suposant com a punt de partida l'elaboració de l'estat de l'art per, a partir de les bases que aquest apartat marca, poder elaborar tots els apartats i subapartats que conformen el projecte. També en aquesta fase es donen en diferents moments replantejaments d'estructura de projecte, amb el moviment d'apartats i l'elaboració de nous que sorgeixen com a necessitat. Finalment, s'elaboren les conclusions del projecte i es fa una revisió acorada del format de presentació establert per la universitat. En total, aquesta fase suposa una inversió de 457 hores, representant un 91,2% del total de temps del projecte. En acabar aquesta fase es porta acumulat un 96,2% del projecte.

Finalment, l'última fase correspon a la preparació de la defensa davant del tribunal. Aquesta fase està formada per l'elaboració de les diapositives de suport necessàries i l'estructuració i pràctica del discurs a fer. En total són 19 les hores invertides, sumant el 3,8% de temps restant per arribar a completar el 100%.

Fase inicial	13
- Entrevistes amb possibles tutors	6
- Decisió final tutor i tema	3
- Visió de projecte	4
Planificació	12
- Recerca d'informació general	6
- Elaboració d'un primer índex	3
- Planificació temporal d'avanç	3
Execució	457
- Estat de l'art	60
- Resta d'apartats	360
- Revisions de contingut i modificacions	30
- Conclusions	4
- Revisió de format	3
Defensa	19
- Elaboració diapositives	4
- Preparació de la defensa oral	15
Total d'hores invertides	501

Taula 16. Planejament temporal

11. Pressupost del projecte

De cara a l'elaboració del pressupost es tenen en compte tres conceptes principals, referents a costos directes, costos indirectes i impostos.

Pel que fa als costos directes, el primer factor a tindre en compte és la dedicació en recursos humans:

- Hores invertides: correspon a les hores pròpies d'elaboració del projecte, obtingudes a partir de l'apartat de planificació del projecte. Són un total de 501 hores, que valorades a 35€/h de facturació d'un enginyer júnior suposen un total de 17.535,00€.
- Supervisió del tutor: referent a les hores de dedicació del tutor en revisions del projecte i tutories. Es facturem 20 hores al doble de preu que en el cas de l'alumne, a 70€/h, suposant un total de 1.400,00€.

En total, els recursos humans invertits suposen 18.935,00 €.

El següent apartat a valorar és el de recursos tecnològics:

- Amortització de l'ordinador: treballant sempre amb el mateix ordinador, amb valor de compra de 1.000,00€, considerant una vida útil de 5 anys, un ús dedicat al projecte del 50% de l'ús total que se li dona i una durada de 5 mesos en l'elaboració del projecte, s'obté:

$$1.000,00€ * \frac{5 \text{ mesos}}{5 \text{ anys} * \frac{12 \text{ mesos}}{1 \text{ any}}} * \frac{50}{100} = 41,67€ \quad (\text{Eq. 13})$$

- Amortització del software: contant que s'ha fet servir el paquet de Microsoft Office, amb un cost de 150,00€ i la mateixa vida útil i ús que l'ordinador, s'obté:

$$150,00€ * \frac{5 \text{ mesos}}{5 \text{ anys} * \frac{12 \text{ mesos}}{1 \text{ any}}} * \frac{50}{100} = 6,25€ \quad (\text{Eq. 14})$$

- Infraestructura: corresponent a la despesa d'Internet i espai de treball, valorat en 60 € mensuals i de nou contant-ne una part corresponent al 50%.

$$60 \frac{€}{\text{mes}} * 5 \text{ mesos} * \frac{50}{100} = 150,00€ \quad (\text{Eq. 15})$$

Per tant, el total de despeses en recursos tecnològics ascendeix als 197,92€.

El següent apartat a valorar correspon a altres despeses, on s'inclouen les de matrícula universitària i transport:

- Matrícula universitària: resultat d'aplicar el preu del crèdit, de 51,46€, als 15 crèdits que representen el Treball de Fi de Màster.

$$15 \text{ crèdits ECTS} * 51,46 \frac{\text{€}}{\text{crèdit ECTS}} = 771,90 \text{ €} \quad (\text{Eq. 16})$$

- Transport: resultat de contar les tutories realitzades, repartides entre la feina del tutor a Pallejà i l'ETSEIB. Les primeres suposaven una distància de 6 km només d'anada i les segones de 20 km. S'ha comptabilitzat el preu del quilòmetre al que actualment rebo a la feina.

$$\text{Tutories Pallejà} = 5 \text{ visites} * 6 \text{ km} * 2 (\text{anada i tornada}) = 60 \text{ km} \quad (\text{Eq. 17})$$

$$\text{Tutories ETSEIB} = 2 \text{ visites} * 20 \text{ km} * 2 (\text{anada i tornada}) = 80 \text{ km} \quad (\text{Eq. 18})$$

$$\text{Cost total transport} = (60 \text{ km} + 80 \text{ km}) * 0,33 \frac{\text{€}}{\text{km}} = 46,20 \text{ €} \quad (\text{Eq. 19})$$

El resultat de les altres despeses ascendeix fins als 818,10€.

La suma de tots aquests costos directes deixa un cost de 19.951,02 €. A aquesta xifra se li han d'afegir el costos indirectes, que són tots aquells no quantificables però han intervingut en el projecte. Es valora aquest cost en un 3,5% dels costos directes, suposant 698,29€.

Així doncs, el total de costos abans d'impostos és de 20.649,30€.

Pel que fa als impostos s'aplica l'IVA del 21% sobre la base imposable obtinguda, pujant fins als 4.336,35 €

Finalment, el total després d'impostos és de **24.985,66€**.

Resum del pressupost

Concepte	Quantitat	Ús	Preu unitari	Cost
Recursos Humans				
Hores invertides	501 h		35,00 €/h	17.535,00 €
Supervisió del Tutor	20 h		70,00 €/h	1.400,00 €
Recursos tecnològics				
Amortització ordinador	5 mesos	50%	16,67 €/mes	41,67 €
Amortització software	5 mesos	50%	2,50 €/mes	6,25 €
Infraestructura	5 mesos	50%	60,00 €/mes	150,00 €
Altres Despeses				
Matrícula	15 ECTS		51,46 €/ECTS	771,90 €
Transport	140 km		0,33 €/km	46,20 €
Subtotal				19.951,02 €
Costos indirectes (3,5%)				698,29 €
Base imposable				20.649,30 €
IVA (21%)				4.336,35 €
TOTAL				24.985,66 €

Taula 17. Resum del pressupost

Conclusions

Arribat aquest punt és necessari veure el projecte en perspectiva per poder valorar adequadament el resultats obtinguts i extreure'n conclusions sòlides.

Primerament, cal destacar que tot el projecte s'adreça a unes necessitats molt concretes que es poden trobar en magatzems centrals d'algunes marques, firmes automobilístiques i grans centres de distribució principalment. És per tant una condició necessària per justificar l'adopció de qualsevol de les alternatives que el volum d'activitat de recepcions i expedicions sigui elevat i es presenti com un coll d'ampolla, real o potencial, de la cadena d'aprovisionament.

Un altre punt a valorar és la necessitat d'equipament requerit per poder dur a terme les operacions. Com s'ha pogut observar al llarg dels diferents apartats, actualment es disposa de maquinària que compleix les funcionalitats exigides i que tan sols s'hauria de sotmetre a modificacions per adaptar-se a les característiques de la mercaderia a tractar i a l'entorn de magatzem. Donada aquesta situació, resulta un gran punt a favor que no s'hagi de desenvolupar des de zero cap equipament. Això implica major facilitat d'obtenció d'equipament, relatiu curt termini en realitzar les modificacions i adaptacions i una inversió reduïda en comparació al disseny integral de nova maquinària mai abans desenvolupada.

També cal destacar que l'adopció de qualsevol de les alternatives implica una adaptació important de magatzem, més gran en la de càrrega i descàrrega simultània que en el cas de processos per separat. En ambdós casos la millor opció seria que la implementació del sistema fos en un magatzem de nova construcció, facilitant enormement el disseny en funció de les cotes necessàries i sense necessitat de fer modificacions sobre una base existent, on difícilment s'aconseguiria un disseny òptim. Malgrat això, en el cas d'haver de realitzar l'adaptació sobre un magatzem existent, les dificultats que presenta l'alternativa de càrrega i descàrrega en processos separats són molt menors que l'altra, evitant la construcció d'un fossat interior al magatzem per on circular els camions.

Entrant en matèria operativa, qualsevol de les dues alternatives són factibles, si bé és cert que en ambdues s'haurien de dissenyar softwares de gestió de magatzems automatitzats que s'adaptessin al sincronisme entre processos. Des d'aquest punt de vista, l'alternativa de càrrega i descàrrega simultània presenta la dificultat afegida d'haver d'incloure el procés de canvi de capçalera i coordinar-lo amb els altres processos, tot i que també és cert que al treballar en cicles únics (sense solapament entre cicles consecutius) el grau de coordinació necessària que s'ha d'assumir no és tant elevat com en l'altra alternativa. En aquesta última s'arriben a desenvolupar fins a tres cicles de càrrega i descàrrega simultàniament, pel que per qualsevol error possible en l'execució dels processos es generen afectacions importants. Per tant, en la primera alternativa es minimitza el risc, reduint les possibles afectacions per

incident.

Cal destacar també la competitivitat entre ambdues alternatives. Tal com s'ha pogut veure durant el projecte, el que podia semblar una avantatge clara de la segona alternativa s'ha anat esvaint a mesura que s'han valorat tots els aspectes. La conclusió és que en el cas de fer factible la simultaneïtat de preparació de sortides amb procés de càrrega i descàrrega en l'alternativa primera, aquesta resulta molt interessant des del punt de vista operatiu i de temps aconseguits ja que s'optimitza al màxim el temps amb el solapament de processos i s'evita la repetició de processos (com sí que passa en el cas de la segona alternativa). Malgrat això, la inversió en equipament i adaptació del magatzem és sens dubte molt major que en el cas de l'altra alternativa. Tanmateix, si s'aconseguís eliminar la reiteració de processos en l'alternativa segona tal com s'ha explicat en l'apartat de comparació d'alternatives, aquesta podria arribar a presentar temps d'operació igual de competitius, prenent de nou avantatge degut a la consecució del mateix resultat amb menor necessitat d'equipament.

Des del punt de vista de consum energètic de maquinària, també cal destacar que a igualtat de temps d'operació resulta més interessant la segona alternativa al necessitar de menys equipament treballant per aconseguir el mateix resultat.

Finalment, afegir que s'ha de ser conscient que el que es planteja és un gran canvi respecte al sistema tradicional i que la seva acceptació queda en mans de les empreses que vulguin adoptar aquest sistema. El que està clar és que davant de qualsevol gran canvi de plantejament es necessita de gent valenta que aposti per les idees noves i fresques, igual que en el seu dia va passar amb l'aparició dels contenidors.

En resum:

- Condicions d'activitat molt concretes: coll d'ampolla en la càrrega i descàrrega, gran volum de transport de mercaderia...
- Necessitat de construcció d'un nou magatzem o adaptació d'un existent, si és possible.
- Necessitat d'equipament elevada.
- Factibilitat operacional d'ambdues alternatives.
- Necessitat d'empreses que creguin i apostin pel sistema.

Agraïments

No se'n fa cap de forma especial. Totes les parts implicades en el projecte han complert amablement amb les seves funcions.

Bibliografia

- [1] GAVALDÀ ARAN, F. X. *Emmagatzematge i Manutenció*. Màster en Supply Chain, Transport i Mobilitat, ETSEIB, UPC. Curs 2016-17.
- [2] NOEGA SYSTEMS. *Almacén: funciones, actividades, planificación y ubicación*. Febrer, 2017.
[<https://www.noegasystems.com/blog/logistica/almacen-funciones-actividades-planificacion-ubicacion>]
- [3] SECONCOMPONENTS. *Sistemas de carga automática*.
[<http://www.seconcomponents.com/es/patines-camion.php>]
- [4] LIEBHERR. *Equipamiento de Puerto*.
[<https://www.liebherr.com/es/esp/productos/gruas-maritimas/equipamiento-de-puerto/equipamiento-de-puerto.html>]
- [5] LIEBHERR. *Technical Description. Rail Mounted Gantry Cranes*. Catàleg 2018.
- [6] LIBHERR. *Technical Description. Straddle Carrier*. Catàleg 2018.
- [7] LECITRAILER. *Lonas y semilonas*.
[https://www.lecitralier.com/producto/index.php?id_familia=1&nom_familia=Lonas%20y%20Semilonas&id_modelo=101&nom_modelo=Lonas%20fijas]
- [8] SCHMITZ CARGOBULL. *Semirremolque lona corredera*.
[https://www.cargobull.com/es/Lonas-Semirremolque-lona-corredera_10_601.html]
- [9] MECALUX. *Palet europeo (medidas y características)*.
[<https://www.mecalux.es/manual-almacen/palets/palet-europeo-medidas>]
- [10] SCHMITZ CARGOBULL. *Ficha técnica S.CS Universal*. Catàleg 2018.
- [11] DGT, Direcció General de Tràfic. *Reglamentación sobre vehículos pesados, prioritarios, especiales, de transporte de personas y mercancías y tramitación administrativa*. Subdirección Adjunta de Conocimiento Vial, DGT, Ministerio del Interior. Edició 2015.
- [12] IPLA INDUSTRIAL AUTOMATION. *Movimentación de palets*.
[http://www.ipla.es/74245_es/Movimentaci%C3%B3n-de-palets/#]

[13] DGT, Direcció General de Tráfico. *Tráfico establece los requisitos para autorizar la circulación de los megacamiones por carretera*. Nota de prensa, Abril 2016.

[<http://www.dgt.es/es/prensa/notas-de-prensa/2016/20160412-traffic-establishes-requirements-authorize-circulation-megacamions-highway.shtml>]